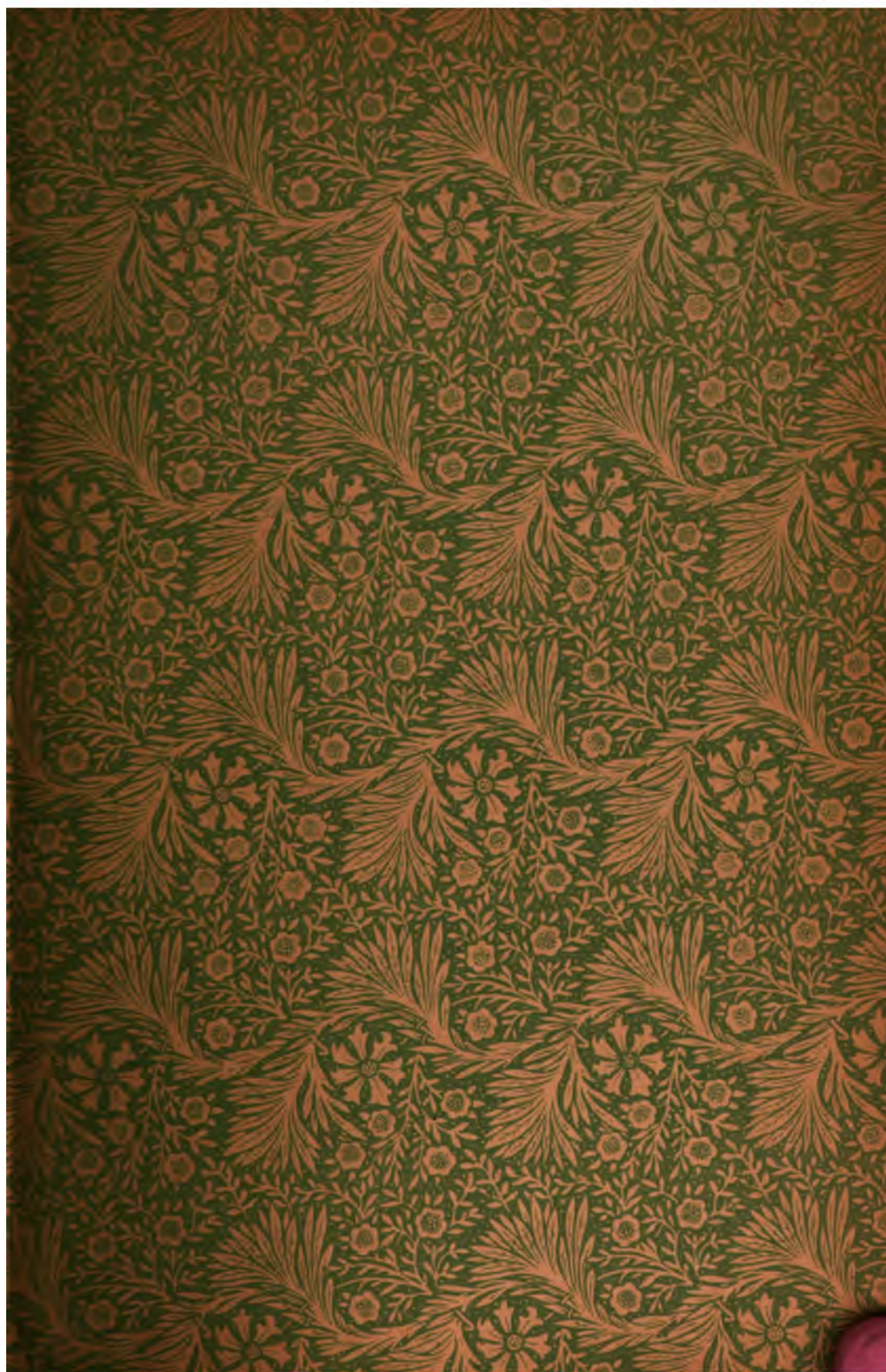


ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS

La Commission n'entend pas, par l'insertion des documents, assumer la responsabilité des théories qui y sont émises.

Extrait de l'article 16 *du Règlement d'ordre et d'attributions de la commission des* Annales des travaux publics.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS

DE BELGIQUE

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES, INDUSTRIELS OU ADMINISTRATIFS,
CONCERNANT L'ART DES CONSTRUCTIONS, LES VOIES DE COMMUNICATION
ET L'INDUSTRIE MINÉRALE

TOME XLIII



BRUXELLES
IMPRIMERIE FÉLIX CALLEWAERT PÈRE
Ve Monnom Succr
RUE DE L'INDUSTRIE, 26

1885

MINES.

DES MESURES A PRENDRE

EN VUE DES

DÉGAGEMENTS INSTANTANÉS DE GRISOU

PAR

M. EM. HARZÉ,

INGÉNIEUR EN CHEF,
DIRECTEUR DES MINES AU DÉPARTEMENT DE L'AGRICULTURE, DE L'INDUSTRIE
ET DES TRAVAUX PUBLICS.

INTRODUCTION.

1. On n'a pas oublié le coup de grisou survenu le 17 avril 1879 au puits n° 2 du charbonnage de l'Agrappe, à Frameries. Rappelons brièvement les circonstances de ce douloureux sinistre.

Un énorme volume de grisou se dégagea soudain avec une violence extrême, du front d'un *montage* en exécution au nouvel étage de 610 mètres, dans une couche en plateure d'une puissance de $0^m,40$ à $0^m,60$. Le gaz, faisant irruption dans des travaux peu développés de cet étage et y projetant plus de 4,000 hectolitres de charbon pulvérulent, refoula le courant ventilateur et envahit les galeries jusqu'au chargeage. Puis de là, s'élevant au jour par le puits d'extraction, il se répandit dans tout le bâtiment de la

recette et prit feu à la flamme d'un petit foyer, non loin du conducteur de la machine d'extraction qui fut brûlé mortellement ainsi que d'autres ouvriers de la surface. Et l'affluence du grisou fut si grande et se prolongea de telle sorte qu'elle put alimenter pendant deux heures, à l'orifice du puits, une flamme gigantesque de 30 à 40 mètres de hauteur, qui eut bientôt incendié le bâtiment précité et mis hors d'usage les engins destinés à la descente et à la remonte du personnel de la mine. Cette colonne de feu s'éteignit au moment où se produisit une première explosion intérieure. Celle-ci fut suivie de cinq autres qui se succédèrent à environ dix minutes d'intervalle. Enfin cinquante minutes après, éclata une septième et dernière explosion qui fut de beaucoup la plus violente.

Il semblait que ce fût fait des deux cent-neuf ouvriers descendus le matin dans les travaux. Cependant, grâce au sang-froid de plusieurs d'entre eux et aux intelligentes mesures prises (1) par le directeur du charbonnage, M. Bouchez, d'abord *motu proprio* et ensuite de concert avec l'administration des mines, grâce aussi au sentiment du devoir qui, dans ces lamentables circonstances, anima tous et chacun, quatre-vingt-onze travailleurs échappèrent sains et saufs au désastre. Mais cent-vingt-et-un, tant du fond que de la surface, y trouvèrent la mort, et onze furent atteints de brûlures ou de blessures graves.

Cette catastrophe eut un douloureux retentissement dans le pays et à l'étranger. On se demandait si l'exploitation des mines ne venait pas de se heurter à de nouvelles difficultés, peut-être insurmontables. Et en effet, ce qui venait de se passer à Frameries

(1) L'une fut l'arrêt du ventilateur, ce qui permit à l'air extérieur de pénétrer dans la mine par le puits d'aérage.

semblait fait, ainsi que s'en exprimait l'un des membres de la commission française du grisou, « pour déjouer toutes les précautions que la science et la prudence cherchent opiniâtrement à opposer au fléau. »

2. Le phénomène qui fut la cause du sinistre de Frameries a été cependant observé depuis longtemps.

En 1865, M. de Vaux, inspecteur général des mines, publiait, dans les *Annales des travaux publics de Belgique*, une notice sur *les dégagements instantanés de grisou;* et dès 1866 la *Revue universelle des mines* insérait notre mémoire *De l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou* (1) dans lequel nous envisagions successivement, au point de vue des dispositions à prendre, le cas d'une faible venue de gaz, celui d'un fort dégagement et enfin celui d'une irruption subite de grisou.

Déjà à cette époque, l'attention des ingénieurs avait été appelée sur la nécessité d'aménager les travaux de telle sorte que, *dans le cas d'irruption spontanée et abondante de grisou, le gaz pût sortir rapidement par les voies d'aérage*. On l'empêchait ainsi de refluer vers le puits d'entrée de l'air et d'envahir les ateliers dans lesquels, à raison d'une sécurité apparente, l'emploi de la poudre eût été toléré.

Ce principe menait à l'adoption de diverses dispositions qui seront rappelées plus loin. L'application en est surtout opportune lors des travaux d'ouverture d'un étage, car c'est dans l'exécution de ceux-ci que les irruptions de grisou sont les plus fréquentes, et les plus dangereuses.

3. La catastrophe de l'Agrappe présente une

(1) Mémoire couronné par l'Association des ingénieurs sortis de l'École des mines de Liège au concours de 1865-66. Le présent travail fait en quelque sorte suite à ce mémoire.

analogie frappante avec celle qui survint en 1865 au puits Sainte-Catherine du *Midi de Dour*. Elle en fut pour ainsi dire la reproduction amplifiée.

A l'un et à l'autre de ces charbonnages, le grisou s'est dégagé subitement de travaux préparatoires en veine pratiqués à un étage nouvellement ouvert et partant peu étendu. Le gaz refoulé au puits d'extraction s'est élevé à la surface et enflammé à un feu nu. Et si, à l'Agrappe, le grisou n'a pu gagner directement le puits d'appel qui n'atteignait pas le niveau de l'étage, le gaz, au Midi de Dour, devait, pour arriver à ce puits, passer par des tuyaux *aspirants* disposés au travers de portes établies dans la galerie de communication avec ce puits.

Ainsi, à l'Agrappe comme au Midi de Dour, il suffisait d'un dégagement de grisou non bien considérable pour que le gaz refluât fatalement jusqu'au chargeage. Le dégagement fut toutefois des plus notables dans les deux cas.

4. Le péril dévoilé par les sinistres de Dour et de Frameries n'est donc pas nouveau; mais il apparaît aujourd'hui avec une fréquence et une violence inquiétantes. C'est ce qu'établit sans réplique l'excellente étude, publiée en 1880 par M. l'ingénieur en chef directeur Arnould, sur les dégagements de l'espèce (1).

5. L'exploitant n'est pas désarmé devant le danger. S'il y a lieu de rechercher et d'étudier de nouvelles mesures pour y parer d'une façon plus efficace qu'auparavant, il en est déjà toute une série qui ont été recommandées et dont bon nombre sont même entrées dans la pratique. Elles ont été énumérées

(1) *Annales des travaux publics de Belgique*, tome XXXVII.

dans une dépêche (1) adressée le 2 octobre 1879 par M. Sainctelette, alors ministre des Travaux publics, au président de la commission chargée de préparer la revision des règlements miniers (voir l'annexe I).

Nous croyons faire chose utile en rappelant de nouveau ces mesures, en les commentant au point de vue de l'opportunité de leur application et en les développant.

Les unes concernent l'installation; d'autres, l'exploitation; d'autres encore se rapportent aux travaux préparatoires, notamment à la période d'ouverture d'un étage.

A. Mesures d'installation.

I. *Suppression du rallumage des lampes dans les travaux.*

6. Dès 1861, l'administration des mines avait interdit le rallumage des lampes dans plusieurs exploitations très grisouteuses du Couchant de Mons. Cette mesure avait même été spontanément prise depuis longtemps dans un charbonnage du district de Seraing. Elle s'est ensuite étendue à toutes les mines à dégagements instantanés de grisou et le nouveau règlement du 28 avril 1884 l'a consacrée.

II. *Eclairage des chargeages par l'emploi exclusif de lampes Mueseler de format ordinaire.*

7. La sûreté des lampes de grand format desti-

(1) Les mesures recommandées dans cette dépêche ministérielle sont, les unes, la reproduction de celles que proposait M. l'administrateur-inspecteur général Jochams dans un rapport du 24 mai 1879, les autres, des précautions indiquées dans une note par l'auteur du présent travail. Ces dernières, basées pour la plupart sur les principes exposés dans le mémoire prérappelé *de l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou*, se rapportent plus spécialement à la période d'ouverture d'un étage.

nées à l'éclairage des chargeages est loin d'être établie. A la suite des expériences entreprises par la commission belge instituée en 1868 pour apprécier le degré de sûreté de diverses lampes de mines, il nous avait paru utile de procéder à quelques essais sur des lampes de chargeage en usage dans le bassin de Liège. Ces expériences, pour lesquelles, à défaut d'autres récipients, nous nous servions de simples sacs en papier recouvrant les lampes et recevant par dessous un jet de gaz d'éclairage, nous ont convaincu du peu de sécurité qu'offrent généralement les dits appareils (1).

C'est à la suite de ces essais que nous avons déterminé les dimensions de la lampe de grand format tolérée par l'arrêté royal du 17 juin 1876 ainsi que par le nouveau règlement. Mais, à l'emploi de cette lampe, nous préférons de beaucoup celui des lampes de format ordinaire, en nombre suffisant pour constituer un éclairage convenable.

(1) On sait qu'une faible quantité d'acide carbonique ou d'azote diminue notablement le degré d'inflammabilité du grisou. Aussi le grisou contenu dans des travaux anciens ou en provenant est-il moins dangereux que celui qui se dégage aux tailles. Bien que, exposées dans ce dernier gaz, les lampes soient moins sujettes à produire l'explosion extérieure que lorsqu'elles sont en contact avec le gaz d'éclairage, nous accordons aux résultats expérimentalement obtenus avec celui-ci une grande valeur, d'autant plus qu'en cette matière, il importe de tirer des déductions *à fortiori*. D'ailleurs le grisou naturel, aux tailles, certainement bien moins chargé de gaz inertes, donne lieu à des mélanges approchant, quant à l'explosibilité, de ceux que l'on obtient avec le gaz d'éclairage.

III. *Eclairage des abords des puits à la surface par des appareils électriques à incandescence, ou à arc projetant la lumière à grande distance. — A défaut de ces appareils, emploi de lampes semblables à celles du fond ou de lanternes hermétiquement fermées et alimentées par de l'air pris en un point éloigné du puits et à l'abri de l'envahissement du gaz.*

8. La suppression des feux nus à l'orifice des puits des mines sujettes à des dégagements instantanés de grisou a été conseillée depuis longtemps.

M. l'inspecteur général de Vaux l'indiquait déjà dans sa notice du 5 juin 1865 en proposant de soumettre toute exploitation, reconnue dangereuse à ce point de vue, « à la condition d'observer, pour les puits « d'entrée de l'air et leurs abords, les mêmes mesures « de prudence que pour les puits d'appel, en ce qui « concerne l'éclairage et l'emploi des foyers ».

Sur une motion de la commission chargée d'arrêter un programme d'études à faire sur le grisou, M. le ministre Sainctelette, par une circulaire du 2 septembre 1879, enjoignit aux ingénieurs en chef des mines de faire supprimer d'urgence les feux nus à la surface de toutes les mines à dégagements instantanés de grisou.

Aujourd'hui, les lampes électriques à incandescence donnent une solution commode et excellente du problème.

On trouvera au tome XLI des *Annales des travaux publics* (page 336), une intéressante notice sur une installation d'éclairage électrique proposée par M. l'ingénieur des mines Willem pour le charbonnage du Val-Benoît, à Liège. Les foyers lumineux devaient être des lampes Maxim et une lampe Jaspar, cette dernière, à arc voltaïque, éclairant à distance par

réflexion. — Le même tome signale (page 294) au charbonnage du Boubier, près de Charleroi, une installation analogue réalisée au moyen de lampes Edison.

A défaut d'éclairage par l'électricité, des lampes de sûreté, semblables à celles du fond, pourraient être employées ; mais nous préférons à celles-ci, de simples lanternes hermétiquement fermées et auxquelles l'air est amené par un conduit partant d'un point éloigné, en contrebas de la recette du puits. Divers appareils, notamment le réverbère de M. Bouchez et celui de M. Lechien ont été construits dans ces conditions. A cet égard, nous pensons pouvoir rappeler que, *dès le* 30 *août* 1879, à la lecture des premiers rapports sur la catastrophe de l'Agrappe, nous avons pris un brevet pour l'application de l'idée ci-dessus, brevet que nous avons laissé tomber intentionnellement dans le domaine public.

IV. *Emploi de la vapeur d'eau ou de tout autre véhicule de chaleur, propre à supprimer les foyers à feu nu aux abords des puits.*

9. Pendant l'hiver, on allume souvent aux abords des recettes, des foyers ouverts pour l'usage des ouvriers occupés aux manœuvres. On en installe aussi près des orifices d'entrée de l'air, afin d'empêcher ou d'atténuer la formation de glaçons sur les parois du puits et sur le guidonnage.

Plusieurs charbonnages du Hainaut utilisent et transforment en calorifères pour les ouvriers, d'anciens générateurs ou de vieux tubes qui reçoivent, soit la vapeur des chaudières du siège, soit — et c'est le cas le plus fréquent — la décharge de la machine d'extraction. La vapeur, non condensée dans ces récipients,

est amenée ensuite par un conduit sous les taquets de manœuvre au niveau du sol, et si la décharge est insuffisante pour empêcher les effets de la gelée sur les parois du puits, on y supplée par une prise directe de vapeur aux chaudières. — C'est d'abord à la mine de Crachet-Picquery, à Frameries, sous le directorat de MM. Durant et Laguesse, que ces dispositions furent réalisées; plus tard, elles l'ont été plus ou moins complètement dans d'autres charbonnages.

A l'Agrappe, les calorifères destinés aux ouvriers reçoivent également de la vapeur de décharge; toutefois, à deux sièges, on a préféré faire usage de l'air chaud pour éviter la congélation de l'eau dans les puits. L'air s'échauffe en passant sur un foyer à coke, placé à quelque distance du puits, à l'origine d'un tunnel qui y débouche à faible profondeur. — La disposition est assez primitive et nous semble susceptible d'être améliorée par l'isolement des produits de la combustion. La répartition de cet air autour du puits, comme d'ailleurs celle de la vapeur dans l'autre mode de chauffage, pourrait se faire mieux qu'on n'y pourvoit généralement.

Par les froids rigoureux, ces moyens ne suffisent pas toujours à prévenir la formation de glaçons dans les puits où l'on extrait les eaux par les cages. — Aussi, dans certains charbonnages sujets aux dégagements instantanés, recourt-on trop souvent encore aux feux nus, quitte à arrêter les travaux préparatoires qui pourraient amener des irruptions de gaz. Ce n'est là qu'un palliatif à défaut de la solution qu'appelle l'exécution stricte du règlement de 1884 sur la police des mines.

V. *Etablissement des orifices des puits de sortie des ouvriers en dehors des bâtiments susceptibles d'être incendiés.*

10. Il s'agit ici des puits ou des compartiments de puits, propres à servir au sauvetage des ouvriers et qui, étant sous les bâtiments de la recette, peuvent toujours être mis en rapport avec le dehors par une courte galerie et un petit puits spécial. — Est-il nécessaire de faire observer que l'absence de cette disposition a considérablement aggravé les conséquences du sinistre de l'Agrappe ? Ce fut un surcroît de malheur que ce double fait d'une retraite coupée aux ouvriers remontés presqu'au jour, et d'une voie de secours longtemps fermée par l'incendie et les ruines qu'il amoncela.

Les rapports des ingénieurs des mines et celui de M. l'administrateur-inspecteur général Jochams ont insisté sur l'utilité de la disposition formulée ci-dessus. Aujourd'hui, elle est devenue réglementaire.

VI. *Extension de l'emploi du fer dans la construction des bâtiments qui recouvrent les puits, ainsi que dans celle de leurs châssis à molettes, soutènement et guidonnage.*

11. Cette prescription peut se passer de commentaires. Nous ajouterons seulement, nous fondant sur les rapports administratifs précités et sur le nouveau règlement, que les bâtiments qui abritent les puits d'extraction, doivent présenter une ouverture au dessus des poulies. Ce qui facilitera, le cas échéant, la prompte évacuation du grisou.

B. — MESURES D'EXPLOITATION.

I. *Sondage en veine.*

II. *Réduction de l'avancement des tailles en raison de l'abondance du grisou.*

12. Nous traiterons ces deux points en étudiant la question beaucoup plus générale : *Des moyens d'opérer le drainage du grisou.*

13. On ne peut séparer la géogénie du grisou de celle de la houille. Les masses végétales, en se minéralisant par la distillation plus ou moins lente et plus ou moins complète des matières volatiles, donnèrent lieu à des hydrocarbures. Une partie de ces produits n'ayant pu se dégager par l'effet de diverses conditions de gisement, imprégnèrent le résidu, c'est-à-dire la houille et même jusqu'à un certain point les roches encaissantes.

14. Le grisou se manifeste dans les mines par des dégagements *normaux* ou par des dégagements *instantanés*, d'une grande violence parfois. Ce sont surtout ces derniers que nous considérons dans cette étude.

15. Un homme de beaucoup d'expérience, M.H. Hecquet, ancien directeur de charbonnages à Dour, attribue les dégagements de l'espèce au broiement que subit le charbon voisin de tout *vide* d'exploitation, par le soulèvement du *mur* de la couche. Ce mur, allégé de la pression énorme qu'il supportait, se *détendrait*, non seulement sous la partie déhouillée, mais encore, jusqu'à une certaine distance, dans le massif même ou *ferme* de la veine.

Ce phénomène se manifesterait particulièrement dans les gisements à allures tourmentées, et ce, en raison du degré de friabilité de la houille ainsi que des

intercalations schisteuses. Le dégagement serait surtout sensible si l'écrasement et le laminage de la couche entre toit et mur étaient suivis d'un éboulement notable de produits broyés, circonstance qui pourrait propager l'action de *détente* du terrain et déterminer la reproduction du phénomème.

16. Pour M. Arnould, le grisou imprégnerait la houille et parfois même les terrains encaissants, soit à l'état pur, soit à l'état de combinaison, sous forme liquide d'une excessive volatilité, sinon même sous forme solide. Cet ingénieur incline en outre à penser qu'il existe dans les couches des zones plus ou moins grisouteuses et aussi peut-être des amas ou poches où le grisou se trouve concentré à haute pression. Les vides de l'exploitation auraient pour effet de diminuer la pression, et les irruptions spontanées de gaz seraient la conséquence de la rapide volatilisation d'une certaine quantité de grisou liquide ou solide. De même, les cassures naturelles du terrain, lorsqu'elles sont mises en rapport avec les travaux, auraient pour résultat de gazéifier le grisou des parties avoisinantes.

Cette théorie est ingénieuse. En ce qui concerne les dégagements instantanés, elle semble avoir été spécialement édifiée pour expliquer l'énorme quantité de grisou que récèlent parfois les zones très circonscrites d'une couche de houille.

17. Une observation qu'on trouve dans les procès-verbaux de la commission belge du grisou paraît la battre en brêche, dans sa généralité tout au moins.

A propos des températures indiquées par l'un des membres de cette commission comme ayant été constatées dans quelques mines du pays, M. l'ingénieur Hubert fit remarquer que, au delà d'une profondeur — non déterminée jusqu'ici — la température des roches

devait dépasser le *point critique* du formène ou grisou pur c'est-à-dire le degré de chaleur au dessus duquel la liquéfaction de ce gaz devient impossible quelle que soit la pression. « A partir de cette profondeur, le « grisou devrait donc — suivant M. Hubert — se « trouver dans les roches à l'état gazeux, mais sous « une tension très grande, tandis que dans les régions « supérieures, il pourrait être liquide et même solide.

« Or, les gaz liquéfiés et solidifiés reprennent assez « lentement l'état gazeux à cause de l'énorme quantité « de chaleur qu'exige ce changement d'état. On pour- « rait donc trouver dans ce rapprochement l'explica- « tion du dégagement continu et moins abondant dans « les parties supérieures des mines à grisou et de la « production brusque des grandes quantités de gaz « dans les régions inférieures où la température « atteint et dépasse le point critique. »

18. Nous croyons devoir ajouter à ces idées théoriques les considérations émises par M. l'ingénieur principal Ern. De Jaer dans un rapport rédigé à l'occasion d'une violente irruption de grisou, avec projection de 1,300 hectolitres de charbon, survenue, à l'extrémité d'un bouveau en creusement, au puits n° 8 du charbonnage de Belle-Vue, à Elouges (19 juin 1883) (1).

(1) Le front de cette galerie était arrivé à proximité d'un *crochon de tête* d'une layette dont la plateure ondulée venait d'être traversée pour la deuxième fois. Grâce à la disposition rationnelle des travaux, l'irruption ne produisit qu'un accident local, malheureusement grave, les quatre *bouveleurs* qui travaillaient à l'avancement ayant péri asphyxiés. Mais, sans les mesures prises, elle aurait pu ravager toute la mine.

Cet accident a donné lieu, par l'intervention de M. De Jaer, à des constatations très remarquables de la part de MM. les ingénieurs Watteyne et Demaret. On ne peut trop louer MM. Gilbert, directeur-gérant, et Soupart, ingénieur des charbonnages de l'*Ouest de Mons*, dont l'obligeance a rendu possibles les investigations de ces officiers des mines par l'exécution, laborieuse et difficile, de divers travaux de reconnaissance.

Tout en estimant qu'il faut abandonner l'ancienne conception des poches à gaz et admettre l'imprégnation de la houille par le grisou, M. De Jaer se demande si la pression, sous laquelle le grisou manifeste ses effets, résulte de la détente d'un gaz comprimé ou de la dissociation d'un corps solide ou liquide de composition plus complexe, hydrocarbure ou autre.

« Je crains bien, écrit-il, que, de longtemps, « nous ne puissions surprendre aucun indice de nature « à éclairer cette question, dont la portée est, du reste, « plutôt théorique. Que la pression du grisou soit une « pression telle qu'on l'entend généralement ou une « tension de dissociation, les résultats pratiques seront « apparemment les mêmes ; car, suivant les phéno- « mènes reconnus, il n'y aura, pour une température « déterminée, décomposition totale du composé, qu'au- « tant que le corps formé (par hypothèse le grisou) ne « puisse s'accumuler sous pression et l'arrêter ; de « même il n'y a, en thèse générale, ébullition d'un « liquide que relativement à la pression exercée sur « lui par la vapeur qui s'en dégage.

« L'analogie entre les phénomènes de dissociation « et d'ébullition se poursuit dans les phénomènes calo- « rifiques qui accompagnent ces transformations. La « destruction d'un composé nécessite une certaine « absorption de chaleur comme l'ébullition d'un liquide, « et l'on se trouve dans l'une, de même que dans « l'autre hypothèse, devant la difficulté de fournir le « calorique nécessaire à une production aussi rapide « de vapeur. »

C'est, ajoute M. De Jaer, ce qui avait suscité la remarque de M. l'ingénieur Hubert en séance de la commission du grisou, remarque que nous avons rapportée.

Pour M. De Jaer, comme d'ailleurs pour M. Hecquet,

la fréquence des irruptions spontanées de grisou au *desserrement* des bouveaux aux couches, prouve que ces accidents « ne sont pas généralement produits « en ces points parce que du grisou y gisait dans un « état spécial, mais parce que l'on y a détaché dans « des conditions particulières. On peut affirmer sans « crainte que, dans la plupart des cas, on serait « passé en taille en face du bouveau sans s'aper- « cevoir de rien, par suite de la diminution de pres- « sion opérée à distance. »

Même remarque en ce qui concerne les accidents dans les montages ou dans les chassages en œuvre de veine.

Tout en faisant aussi, dans la fréquence des dégagements spontanés, la part des dérangements, failles, plissements de veine ou crochons, etc., M. De Jaer est porté à croire qu'on cherche trop souvent dans le gisement même l'origine d'un phénomène qui, au contraire, serait dû à une cause secondaire sur laquelle il s'explique comme suit : « Les nombreuses décolo- « rations et altérations des roches superficielles, « transformations auxquelles on reconnaît une impor- « tance de jour en jour plus grande depuis que l'atten- « tion s'est portée sur elles, montrent que ces roches « doivent avoir assez de porosité pour se laisser « pénétrer par l'air atmosphérique, sec ou dissous « dans l'eau, et subir l'influence de l'oxygène et de « l'acide carbonique qu'il renferme.

« Le terrain houiller n'échappe pas à cette influence. « Au dessus de la tête d'eau, beaucoup de ces roches « voient, sous l'influence de l'oxydation, leur carbone « diminuer et céder le pas en couleur à la peroxyda- « tion des éléments ferreux qu'elles contiennent, pre- « mier degré d'une transformation qui se remarque, « à son plus haut point, dans les éléments brûlés des « terrils.

« La houille est devenue déliteuse aux affleurements « et semble la plus attaquée. C'est que sa porosité est « aussi la plus grande, et c'est souvent à son aspect, « terne et humide, que l'on peut deviner le voisinage « de bains d'eau.

« Cette porosité, qu'elle présente pour l'air comme « pour l'eau, doit exister pour le grisou. La chose est « admise et ne peut être contestée. Dans ces condi- « tions, le grisou emprisonné dans la houille depuis « les milliers d'années que notre globe s'est façonné « au relief actuel, a dû s'y établir dans un état d'équi- « libre de pression, et il me semble peu probable que « dans des points voisins d'une même couche, on ait, « d'une part, une pression faible, d'autre part, une pres- « sion de nature à le maintenir liquéfié ou à l'état de « combinaison.

« Je ne vois que la charge d'eau qui ait pu influer « sur cette pression et l'augmenter en profondeur (1).

« Mais lorsque nos travaux ont commencé à péné- « trer dans la masse du terrain houiller et à le saigner « sous la nappe aquifère, nous sommes venus substi- « tuer à un équilibre stable, effet des siècles, un « équilibre instable. Nous avons par cela même mis « en action de nouveaux facteurs jusque là latents, « dont les principaux sont le degré de porosité du « charbon, et par suite de perméabilité au gaz, et sa « ténacité, ou résistance à l'expansion du gaz. Quand « nos travaux viennent saigner à distance la masse « de charbon, la pression se perdra inégalement sui- « vant le degré de perméabilité qui doit varier beau- « coup d'un endroit à l'autre d'une même couche,

(1) Comme l'a rappelé M. Ern. De Jaer, l'influence de la pression hydrostatique avait déjà été signalée par Bischoff, mais pour attribuer la production du grisou à une action chimique que l'eau exercerait sur la houille en roche.

« d'après les différences de pression qu'auraient, « dit-on, donné des forages faits très près l'un de « l'autre dans le ferme.

« Ce serait donc par suite de nos exploitations et « par rapport à elles-mêmes que certaines parties de « ferme, se saignant moins rapidement que d'autres « à distance, resteraient dans un état de tension « intérieure de nature à présenter les dangers « signalés.

« Dans les dérangements, plissements, crochons, « etc., doit cependant exister une situation spéciale « aidant aux dégagements. C'est probablement le « manque de ténacité qui y devient la principale « cause d'accidents, outre que le grisou peut s'y « trouver originellement en plus grande quantité sous « la même pression, grâce à une densité moindre de « la houille, c'est-à-dire à une porosité plus grande.

« Cet état suffirait à expliquer le danger de ces « points par la moindre cohésion du charbon et la « moindre résistance qu'il oppose à l'expansion du « grisou. Mais il est possible aussi que la poussée des « terrains, généralement plus forte en ces endroits, « eût sa part d'action sur l'entraînement du charbon. « Néanmoins, je suis loin de partager, sur ces effets « de poussées des terrains, les opinions, à mon avis « trop exclusives, d'un ancien directeur de mon « arrondissement, M. H. Hecquet, de Dour, avec « qui cependant je suis d'accord sur d'autres points « touchés dans ce rapport. »

19. Pour nous, comme d'ailleurs pour M. De Jaer, la quantité de grisou dont une couche est imprégnée ou pénétrée, varie d'un point à un autre et est, entr'autres circonstances, en raison directe du degré de porosité de la houille et des intercalations schisteuses.

Sous l'action du refoulement qui a plissé les strates houillères, la plasticité des bancs argileux et une sorte de foisonnement des substances végétales en train de se minéraliser ont comblé les vides qui tendaient à se former aux divers plis et replis (1). — Ainsi s'expliquerait, notamment aux crochons ou dans leur voisinage, l'existence de parties de veine de moindre compacité et par suite particulièrement grisouteuses.

Ces vrais nids à grisou éclateraient à la façon des larmes bataviques, avec projection de charbon pulvérisé et grande émission de gaz, au moment où l'équilibre naturel viendrait à être rompu par l'avancement des travaux. Mais ceci est une comparaison plutôt qu'une théorie.

Des îlots à grisou moins caractérisés peuvent aussi exister en pleine allure de couches, non seulement dans le voisinage des failles et dans les renflements, mais encore dans des parties d'apparence régulière quant au caractère géométrique général. Nous disons *général*, parce qu'il arrive parfois que les différentes laies qui composent une couche varient de puissance sans que l'ouverture totale de celle-ci en soit modifiée.

Ces îlots, fort répandus dans certains gisements, constituent un grand danger; mais ordinairement, ils se dissolvent plus ou moins facilement sous l'influence du *drainage* qu'opère l'exploitation et sous celle des *forages* pratiqués pour saigner les couches.

Les *coupes* (cassures), la texture de la houille et les joints de clivage nous paraissent jouer ici, selon leurs directions propres, un rôle prépondérant. Rencontrées par des exploitations antérieures, les coupes font

(1) On se rendra compte de cette tendance en pliant un livre, suivant la hauteur, de manière à lui donner une forme en Z. Les feuillets se séparent aux deux angles, et ce, en raison de l'acuité de ceux-ci.

l'office de *drains* et épurent le *ferme* jusqu'au delà de la profondeur qu'elles atteignent. Quand, au contraire, leur direction ne les met en relation qu'avec les travaux en cours, l'écoulement du grisou se fait par ceux-ci (1).

Si ces travaux sont établis dans une allure vierge ou en dessous de la zone que draine l'exploitation supérieure, la direction normale des coupes, par rapport au sens de l'avancement, peut être particulièrement dangereuse en ce qu'elle facilite de puissantes poussées de charbon. Il pourra même arriver que ces poussées qu'accompagneront des émissions considérables de gaz soient précédées de périodes à dégagements normaux très faibles.

Le sens de la maille de la houille et celui des plans de clivage ne nous paraissent pas sans importance. En ce qui concerne la direction plus ou moins oblique de ces plans de clivage et le sens de cette obliquité, les éboulements de charbon, et par suite les dégagements anormaux de gaz, pourront varier suivant les régions et être plus fréquents d'un des côtés d'un *travers-bancs* que de l'autre. — A l'encontre des éboulements, un boisage soigné sera particulièrement de rigueur dans les couches grisouteuses et friables (2).

Enfin, les intercalations schisteuses pouvant aussi constituer des drains par l'effet de la porosité des matières, il arrive que leur disparition interrompt le dégagement normal au dépens de la sécurité.

Quant à la théorie de M. Hecquet, de beaucoup

(1) Les *coupes* ou cassures ne sont guère bien apparentes que dans les terrains encaissants. Mais outre qu'elles peuvent se prolonger dans la veine en plans de rupture, ces coupes se trouvent, parfois sur un développement considérable, en rapport avec l'une ou l'autre paroi de la couche.

(2) M. Arnould reconnaît qu'un certain nombre des dégagements subits qu'il cite dans son mémoire ont été la conséquence d'éboulements en taille.

trop absolue, nous estimons qu'elle ne vise qu'une des causes des phénomènes dont il s'agit. Plus d'une fois nous avons entendu, voire dans des exploitations sans grisou, de sourdes détonations venant du ferme et dévoilant un travail intestin dans les roches. Ces détonations étaient parfois suivies de chutes de charbon.

20. La recoupe d'une veine à dégagements instantanés par un *travers-bancs* dans une région *non saignée*, présentera toujours du danger, même en pleine allure régulière. Lorsqu'on aborde ces couches, on peut se mettre soudain en relation avec un de ces nids de grisou qui abondent dans les zones non saignées et dont un certain nombre continuent à se maintenir, dans des régions plus ou moins drainées, par suite de certaines conditions spéciales dérivant de la direction des coupes et du sens de la texture du charbon. De plus, non seulement le grisou afflue de toutes parts, mais les coupes qui avoisinent le point de recoupe sans être en rapport avec celui-ci, restent chargées de gaz. Aussi peuvent-elles donner lieu à des poussées d'un charbon que l'action des terrains et l'expansion du gaz contenu dans les mailles de la matière tendent à pulvériser.

21. Pour revenir au *drainage* du grisou, on conçoit aisément que l'exploitation d'une tranche dans toute allure, purge à plus ou moins de profondeur la tranche à déhouiller dans la suite et que cette épuration puisse augmenter avec le temps.

A ce propos, rappelons qu'autrefois, dans les charbonnages très grisouteux du Couchant de Mons, les étages ouverts successivement en descendant étaient fort limités en hauteur, 20 à 30 mètres tout au plus. Cette circonstance suffirait seule à expliquer pourquoi les dégagements instantanés n'étaient alors ni si

violents, ni si fréquents qu'aujourd'hui. Certes l'augmentation du grisou avec la profondeur peut résulter des conditions de gisement ; mais n'oublions pas la transformation qui s'est opérée, dans l'aménagement général des travaux, en vue d'accroître la production.

Observons aussi que, dans plusieurs houillères à grisou du bassin de Liège, la mise immédiate à grande profondeur de l'exploitation, méthode jadis suivie, et la création d'un étage sous un fort massif propre à retenir les eaux ont amené des dégagements instantanés, bien que les couches, en comparaison de certaines régions du Hainaut, y soient peu sujettes à ce phénomène.

On doit remarquer encore que la disposition ordinaire des ateliers d'abatage jure avec le principe qui prescrit d'éviter autant que possible de pousser les travaux dans des parties de veine peu ou point saignées. Dans le cas d'un chantier de grande hauteur et se subdivisant en plusieurs tranches, c'est presque toujours l'exploitation de la tranche inférieure qui prend les devants et c'est aussi la taille inférieure de chaque groupe qui est en avance sur les autres. Enfin, dans les dressants, les tailles sont disposées en gradins renversés.

Témoin des inconvénients de ce système dans les couches sujettes aux dégagements instantanés, M. Hecquet a imaginé d'établir chacune des tailles d'un même chantier un peu en *retraite* de celle qui lui est immédiatement supérieure. De plus, dans l'exploitation des dressants, il remplace les gradins par des tailles droites (1). Cette substitution diminue, il est

(1) M. l'ingénieur Marcette a décrit ce mode d'exploitation. *Annales des Travaux publics*, tome XLI, page 259.

vrai, l'avancement journalier; mais au point de vue où nous nous plaçons, la conséquence n'est pas regrettable. Il est encore vrai que la disposition en retraite des ateliers en veine, de haut en bas, présente le désavantage d'un bout de transport et d'un *coupage-voie* dans un air plus ou moins vicié. Mais de deux maux, il faut préférer le moindre; et quant au *bosseyement*, il est à remarquer que cette opération, dans le cas qui nous occupe, doit réglementairement se pratiquer à l'outil.

Les modifications préconisées par M. Hecquet paraissent donc très rationnelles.

22. Le *forage* ou sondage en veine au moyen de longues tarières a pour but de provoquer l'écoulement plus ou moins lent du grisou. Cette pratique n'est pas d'hier; il y a plus de vingt-cinq ans que nous l'avons constatée dans un charbonnage de Dour.

M. Hecquet en conteste l'efficacité et la considère comme « plus dangereuse qu'utile » parce qu'il pense que les trous de forage peuvent devenir la cause originelle d'irruptions en favorisant le broiement ultérieur de la houille.

Nous ne partageons nullement cette opinion, contre laquelle s'élèvent aussi des ingénieurs des plus autorisés. D'ailleurs le sondage augmente la proportion de gros. De là, moins de gaz mis en liberté et moins de chances d'éboulement. — S'il est vrai que les trous de sonde n'ont pas toujours empêché des irruptions (ce qui a pu résulter du trop petit nombre de ces trous ou de la médiocrité de leur diamètre) il ne l'est pas moins qu'on les a vus dégorger avec violence des matières pulvérulentes accompagnées d'un volume considérable de gaz.

C'est surtout aux angles rentrants des tailles et des gradins que doivent se pratiquer les forages. Lorsque

la couche présente plusieurs laies, il peut être bon de les sonder toutes. Le diamètre des trous, qui est susceptible d'être agrandi (*horlé*) par l'usage d'outils spéciaux, est évidemment chose à considérer. — Enfin, la direction des coupes et celle des plans de clivage nous paraissent devoir aussi entrer en ligne de compte quant à l'utilité de la pratique du sondage. Celle-ci s'imposera plus particulièrement lorsque ces directions se présenteront plus ou moins normalement aux trous de sonde.

23. Dans ce qui précède, nous n'avons envisagé que le cas de l'exploitation d'une seule couche et même seulement celui du déhouillement d'une de ses allures. Cependant nous devons aussi considérer celui de l'aménagement d'un étage.

Dans le cas d'un crochon dont la plateure et le dressant sont vierges, M. Hecquet conseille de déhouiller en commençant par la plateure. En attaquant d'abord le dressant, on s'exposerait davantage à des éboulements de charbon friable accompagnés d'abondantes émissions de gaz.

Les crochons *de pied* donnent lieu à moins de dégagements instantanés que les crochons *de tête*. Nous l'avions déjà mentionné en 1866. — Cela vient d'abord de ce que, le déhouillement des dressants se pratiquant par tranches successives les unes en dessous des autres, les crochons de pied se drainent dans les meilleures conditions. Ensuite, par l'effet de la pesanteur, le charbon en suspens d'un crochon de tête est bien plus sujet à se détacher et à produire des éboulements que le charbon d'un crochon de pied. Aussi la recommandation de M. Hecquet vise-t-elle spécialement les crochons de la première espèce.

L'ordre d'exploitation des couches que recoupe un même travers-bancs peut ne pas être indifférent,

surtout dans les dressants. On sait que lorsque deux couches à grisou sont voisines, l'exploitation de l'une soutire en grande partie le gaz contenu dans l'autre, soit par les cassures naturelles de la stampe, soit par celles qui résultent du déhouillement. Un des effets de ce drainage par la stampe est de *développer* dans la couche réservée un clivage tel que le charbon y deviendra fragmentaire. La première exploitation étant particulièrement exposée à des venues du gaz, il sera prudent de commencer par la couche où les éboulements seront le moins à craindre, vu l'état de la houille, la puissance et la composition de la veine, la nature des terrains, etc., etc. La facilité du *coupage-voie* sans recourir à la poudre sera encore un élément d'appréciation. — L'expérience sera ici la conseillère de l'exploitant.

24. En terminant ce chapitre, remarquons qu'il convient, lorsqu'on abandonne un étage ou une partie d'étage, de ne pas oublier qu'on peut parfois, par quelques petits travaux, aider au drainage de l'étage à créer plus bas. — Par exemple, une nouvelle allure de couche est-elle, par suite de l'obliquité du crochon, facilement accessible à la fin d'une exploitation et dans de bonnes conditions de sécurité, on ne négligera pas de l'atteindre et même d'y pénétrer (1). La descente de petites vallées, de distance en distance, et le forage de larges trous de sonde dans l'*aval pendage* des exploitations que l'on abandonne, seraient également des mesures recommandables (2). A ce propos, M. De Jaer dit, dans le rapport déjà cité,

(1) Il arrivera que l'exploitation d'une allure de couche exerce son action de drainage dans le prolongement de celle-ci en dehors de la concession.

(2) Un engin mécanique, marchant au moyen de l'air comprimé ou autrement, qui permettrait de forer rapidement à cette fin, rendrait de grands services.

qu'on a toujours soin, au charbonnage de Belle-Vue, à Elouges, d'enfoncer des vallées précédant la recoupe des veines en bouveau. C'est une grande garantie de sécurité. « Outre que la veine est ainsi saignée à « l'avance suivant le mode le moins dangereux, la « communication d'aérage y est immédiatement éta- « blie et permet de supprimer les canars jusqu'à elle « et en même temps, s'il est nécessaire, d'y relever « les tailles aussitôt. » Mais une telle mesure ne peut être pratiquée à l'égard de layettes inexploitables (1).

Notons ici que les montages, même abstraction faite des difficultés d'aérage, sont d'autant plus dangereux que les éboulements, favorisés par le poids de la veine, peuvent facilement se produire au front d'avancement, en amont des travailleurs. — Nous reviendrons plus loin, à propos des travaux préparatoires, sur la question des montages ou amontements.

25. Quant au principe énoncé dans la dépêche ministérielle du 2 octobre 1879 et qui consiste à *réduire l'avancement des tailles en raison de l'abondance du grisou*, il n'est qu'un corollaire des considérations exposées dans ce chapitre au sujet du gisement du gaz.

III. *Disposition de l'aérage en vue de prévenir autant que possible le reflux du grisou et notamment d'empêcher ce gaz d'envahir d'autres dépendances de la mine. — D'où :* a. *Galeries de retour à section large et entièrement libre ;* b. *réglage de la ventilation à l'arrivée et non à la sortie de l'air ;* c. *emploi, pour l'assainissement des travaux préparatoires, de canars ou conduites soufflant l'air.*

26. En amplifiant ainsi le texte du 3° du § *B* de

(1) Les layettes, qui ne peuvent être saignées directement par l'exploitation, constituent un danger dans les mines à dégagements instantanés.

la dépêche ministérielle du 2 octobre 1879, nous avons voulu rappeler d'une manière bien ostensible le principe que l'on y trouve énoncé dans les préliminaires.

27. Celui des galeries à large section qui en découle, était jadis peu appliqué et ne l'était qu'en vue d'atténuer les résistances que rencontrait la circulation de l'air provoquée alors par des moyens peu puissants. De nos jours, son application devient de plus en plus nécessaire pour parer aux conséquences des dégagements violents de grisou, comme aussi aux dangers, maintenant mieux connus, qui résultent de l'exposition des lampes dans un courant explosif animé d'une grande vitesse.

28. Est-il besoin de rappeler que, pour régler l'aérage dans tous travaux sujets aux dégagements instantanés, dans une taille comme dans un travers-bancs, la prudence impose d'établir les portes d'usage à l'arrivée et non au retour de l'air? Il est donc vicieux, comme nous l'écrivions en 1866, de les disposer dans les galeries de retour, quoiqu'elles y risquent moins d'être dérangées.

M. Ern. De Jaer est d'avis de les installer aussi loin que possible des chantiers d'abatage à l'effet d'amortir la poussée du gaz. Nous partageons son opinion, tout en estimant qu'il faut, dans le choix des emplacements, tenir compte aussi de la plus ou moins grande facilité d'accès en cas d'accident.

29. En outre, il importe que le ventilateur de la mine ne devienne pas un obstacle à la prompte évacuation du gaz, au moment d'un subit et abondant dégagement de grisou. — Les ventilateurs à force centrifuge auront ici un avantage marqué sur les appareils dits à capacité variable, surtout si l'on règle *largement* la vanne ou les vannes du diffusoir.

Des cheminées spéciales d'évacuation, à ouvrir au besoin pour dégorger promptement les puits d'aérage, auraient aussi leur utilité.

A notre avis, les ventilateurs soufflants, s'ils ne présentaient de nombreuses sujétions, seraient à conseiller au point de vue des éventualités que nous considérons ici.

30. C'est encore l'application du principe rappelé plus haut qui nous a fait préconiser depuis longtemps l'emploi des canars soufflants pour l'aérage des travaux préparatoires chaque fois que des dégagements instantanés sont à craindre. Et, en effet, par cette disposition, le gaz est arrêté dans son reflux contre le système de portes où prend naissance la conduite d'amenée d'air, tandis qu'il trouve un écoulement facile par la grande section des galeries mêmes. Nous reviendrons sur ce point à la fin du chapitre suivant.

IV. *Emploi de la poudre aussi restreint que possible, et exclusion réciproque de cet emploi et du travail à la veine en des points qui, bien qu'assainis par des courants d'air pur, pourraient cesser de l'être par l'effet d'un reflux de gaz, de l'un à l'autre.*

31. Ces recommandations sont additionnelles à celles de la circulaire précitée du 2 octobre 1879.

Nous n'avons pas à insister sur la première. Une circulaire spéciale du 7 octobre 1882 (1), de M. Rolin-Jaequemyns, ministre de l'intérieur, après avoir signalé les efforts de plusieurs charbonnages pour arriver à la suppression de l'emploi de la poudre, fait remarquer que la prudence impose aux exploitants des mines à grisou de tout au moins limiter, au

(1) *Annales des Travaux publics*, tome XL, page 391. — Le service des mines dépendait alors du Département de l'intérieur.

plus strict nécessaire, l'usage de cet auxiliaire dangereux et d'y apporter les plus grandes précautions.

Quant à la seconde, il n'est guère besoin d'en démontrer l'opportunité. Bien que le contraire nous paraît possible, notamment comme conséquence d'un éboulement, les dégagements instantanés en taille, fait remarquer M. Arnould, ont lieu pendant le travail à la veine. Dès lors, il est prudent de ne pas faire coïncider avec ce travail un avancement en pierre à la poudre, non seulement au voisinage de la couche mais encore en d'autres points de la mine où pourrait refluer le grisou provenant d'un dégagement instantané (1).

C. MESURES RELATIVES AUX TRAVAUX PRÉPARATOIRES, SPÉCIALEMENT PENDANT LA PÉRIODE D'OUVERTURE D'UN ÉTAGE.

I. *Interdiction sans autorisation spéciale, de tout travail préparatoire à un nouvel étage, tant que celui-ci n'est pas accessible par deux puits ou deux voies dont l'une destinée au retour de la ventilation.*

32. Ce principe, énoncé dans notre mémoire de 1866, n'a pas toujours été appliqué avec constance. Trop souvent, dans les divers centres houillers du pays, les puits d'extraction ont précédé les puits d'aérage. Ce vice était presque inconnu dans les mines où la descente des ouvriers s'opérait par les échelles installées dans les puits d'aérage. Mais l'abandon de

(1) A ce propos, citons l'admirable sang-froid dont fit preuve le 3 novembre 1879 le boute-feu Victor Thomsin, au charbonnage du Val-Benoît, à Liège. Cet ouvrier, après avoir allumé une mine dans le prolongement d'une bacnure d'aérage, travail aéré par de l'air pur, eut la présence d'esprit de l'éteindre, s'étant aperçu, par l'extinction de sa lampe, d'un reflux de grisou. Le gaz provenait d'un dégagement instantané dans une exploitation voisine. Thomsin prévint ainsi une terrible catastrophe qui serait peut-être demeurée inexpliquée.

cette pratique, d'ailleurs arriérée, a modifié l'état de choses.

Par ses articles 35 et 36, le nouveau règlement a consacré le principe en question. Mais ses prescription n'ont pas la même rigueur suivant qu'il s'agit de travers-bancs ou de travaux en œuvre de veine. Pour les travers-bancs, il suffit qu'une communication existe entre le puits d'entrée et le puits d'appel, quelles que soient leurs profondeurs respectives. Pour les travaux en œuvre de veine, les deux puits doivent avoir atteint la profondeur à laquelle ces ouvrages seront exécutés.

II. *Dimensions restreintes à donner provisoirement au nouveau chargeage, du moins à son extrémité ; et établissement, dans la partie étroite de l'excavation, de portes très solides dont les épaulements seront traversés par un ou plusieurs tuyaux affectés à l'entrée de l'air dans l'étage.*

33. Ces portes seront au nombre de trois dont une, à la différence des deux autres, devra s'ouvrir vers les travaux à entreprendre. Nous pensons que la porte destinée à arrêter le reflux du gaz vers le puits et à résister à la pression de l'irruption en cas de dégagement subit, devrait être munie d'une sorte de *trou d'homme* dont l'obturateur (morceau de cuir, trappe ou autre dispositif) pourrait aisément se soulever et ensuite retomber de lui-même, afin de faciliter, le cas échéant, la retraite des ouvriers occupés à front des travaux.

A défaut de dimensions restreintes à donner au chargeage, il conviendra d'y suppléer par de forts épaulements en maçonnerie.

III. — *Galerie de communication au puits d'appel largement ouverte, et puits d'appel tenu complètement libre.*

34. Nous ne croyons pas devoir insister de nouveau sur ce point ainsi que sur l'utilité de faire usage à la surface d'un appareil de ventilation aussi peu obturant que possible.

IV. *Emploi d'appareils Koerting à air comprimé* (1) *pour souffler l'air par les tuyaux, ou bien, raccord de ceux-ci avec une colonne en fonte ou en fer à demeure dans le puits et à l'orifice supérieur de laquelle agirait un appareil spécial d'insufflation d'air à forte pression.*

35. Les appareils Koerting à air comprimé sont d'excellents engins pour activer l'aérage des travaux préparatoires. D'installation facile, ils peuvent être établis de distance en distance sur une même conduite, de manière à former *relais*. Par cette disposition, l'air sera porté fort loin et la dépense d'air comprimé suppléera en partie aux fuites.

Ces appareils ne fournissent, il est vrai, qu'un faible effet mécanique. Mais il faut considérer qu'ils rendent l'aérage des travaux préparatoires indépendant, ou peu s'en faut, du tempérament de la mine; ce qui allège la besogne du ventilateur.

Ainsi, dans les circonstances ordinaires, on est souvent obligé de créer des obstacles à l'intérieur afin de refouler l'air dans les travaux préparatoires. C'est un point parfaitement établi par M. le professeur Devillez dans son excellent traité *sur la ventilation des mines.*

(1) Voir l'annexe III.

36. Pour résoudre plus complètement encore le problème, nous pensons qu'un appareil spécial, établi à la surface et soufflant l'air dans les travaux préparatoires par une conduite installée dans l'un des puits de service (1), constituerait un mode rationnel de ventilation. Non seulement ce système bien étudié et bien construit assurerait l'assainissement des travaux en question, mais il offrirait encore des ressources précieuses en certains cas d'accident.

37. Afin d'en apprécier la valeur pratique, fixons d'abord les éléments du problème, savoir : la quantité d'air à fournir, le développement à donner aux conduites, enfin le travail à produire.

Ces éléments varieront nécessairement d'une mine à l'autre, et dépendront notamment de la nature des couches et de leur position par rapport au puits d'extraction. Mais nous établirons nos hypothèses de façon à y comprendre la très grande généralité des circonstances, sauf à résoudre à part les cas particuliers.

a. Recherchons donc d'abord quelle est la quantité d'air à fournir dans les exploitations à dégagements instantanés pour assurer l'assainissement des travaux d'ouverture d'étage tels que le creusement d'un travers-bancs tant du côté de *l'aval pendage* que de l'autre, jusqu'à la rencontre de la première couche, et l'ouverture, en œuvre de veine, d'une communication d'aérage (montage ou amontement), dans le cas où l'on n'a pu l'enfoncer de l'étage supérieur.

D'abord, dans les mines à dégagements instantanés, ce n'est que rarement que l'on procédera à l'exécution *simultanée* des deux travers-bancs, du moins pendant la période d'ouverture de l'étage ; et l'on n'entre-

(1) De préférence le puits d'extraction.

prendra la première communication en veine, de chaque côté du puits, que tout autre travail cessant.

La quantité d'air nécessaire à l'aérage d'un front de travers-bancs est fort variable. Dans les terrains grisouteux, il va de soi qu'elle dépend avant tout de l'importance du dégagement du gaz. A ce sujet, rappelons que c'est dans certaines régions du Hainaut que sont survenus les dégagements les plus considérables et les plus soudains, partant les plus redoutables qui se soient produits en Belgique et probablement en Europe. Aussi les moyens d'aérage des travaux préparatoires y sont-ils plus puissants que partout ailleurs (1).

Abstraction même faite de cette circonstance que le mineur du Hainaut dispose de dépressions généralement bien plus considérables que le mineur de la province de Liège, les tuyaux d'aérage, dans la première de ces provinces, sont de section notablement plus grande que dans la seconde. Dans le bassin de Liège, le diamètre des conduites est le plus souvent

(1) Un assez grand nombre de charbonnages de la province de Liège, classés depuis longtemps dans la catégorie des mines à grisou, n'ont que des dégagements insignifiants de gaz. Toutefois, l'approfondissement des travaux, ou plutôt l'épuisement de plus en plus complet des couches supérieures de la rive gauche de la Meuse, au nord de la grande faille de St-Gilles, tendent à modifier la situation. Il n'en est peut-être que plus remarquable que l'on se soit surtout préoccupé, dans la province de Liège, d'en arriver à la suppression absolue de l'emploi de la poudre dans les mines à grisou. Le problème a été résolu au charbonnage de Marihaye, relativement fort grisouteux comme le sont toutes les exploitations de la région de Seraing, par l'emploi de la *bosseyeuse* mécanique Dubois et François. A la vérité, les nombreuses étincelles qui jaillissent de ces appareils de battage sont un sujet d'appréhension pour beaucoup d'exploitants. Cependant aucune inflammation de gaz n'est encore résultée du travail, dans les conditions les plus diverses, tant des bosseyeuses que des perforatrices ordinaires. Ajoutons que les avancements obtenus en Angleterre dans le terrain houiller par l'excavateur à rodage du colonel Beaumont font espérer que l'usage de ce dernier engin ne tardera pas non plus à entrer en lice dans la pratique de nos exploitations charbonnières.

de $0^m,20$ à $0^m,30$; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on en voit qui atteignent $0^m,40$. A Mons et à Charleroi, il est rarement de moins de $0^m,35$; et dans la région méridionale du Borinage, on en rencontre assez fréquemment qui ont $0^m,60$.

A la vérité, les faibles dépressions motrices obligent souvent l'exploitant liégeois à renforcer l'aérage des travaux préparatoires par le fonctionnement d'appareils spéciaux, tels que des ventilateurs à bras ou aéro-moteurs et de petits Koerting à air comprimé. Dans ce cas il importe, surtout pour les amontements, que la marche de ces appareils ne soit pas interrompue, même les jours de chômage. Des accidents graves sont survenus faute de cette précaution. A ce point de vue, le fonctionnement d'un appareil spécial à la surface, pour assurer l'assainissement des travaux préparatoires, est incontestablement avantageux.

L'annexe II rend compte de nombreux cubages d'air opérés dans les travaux préparatoires de plusieurs charbonnages plus ou moins grisouteux du pays. Nombre de ces expériences ont été faites, à notre demande, par plusieurs de nos collègues et par des directeurs de charbonnages avec lesquels nous sommes heureux d'avoir conservé d'excellentes relations. Les résultats de certaines autres ont été empruntés à des rapports officiels ou aux dossiers d'accidents graves. — Ces divers cubages n'ont le plus souvent donné, avec les *canars* soufflants généralement employés, que les volumes d'air *apparents* à l'entrée des jeux, c'est-à-dire sans correction tenant compte de l'effet de la *contraction* et sans indication des pertes subies par l'air avant d'atteindre le front d'avancement du travail (1).

(1) On trouvera, à l'annexe III, une digression sur ces deux points.

Quoi qu'il en soit, on voit, par l'annexe II, que les travaux préparatoires reçoivent bien plus d'air dans les mines grisouteuses du Hainaut, si éprouvées par les coups de feu, que dans celles de la province de Liège.

On comprend qu'il est difficile de déterminer la quantité d'air nécessaire à l'aération d'un front de travers-bancs. Dans des terrains peu grisouteux, il arrivera que cent litres à la seconde soient largement suffisants, tandis que, dans certaines régions, notamment dans le Hainaut, il faudra 300 à 600 litres et même plus, pour qu'on puisse y faire usage de la poudre dans des conditions rassurantes de sécurité.

La bonne ventilation d'un front de bouveau ou bacnure dépend aussi du degré de vitesse de l'air à la sortie du tuyau d'aérage. Nous avons jadis démontré que l'air qui s'échappe avec rapidité d'un *canar soufflant* est beaucoup mieux utilisé au front d'avancement que celui qui y est appelé ou soutiré par un *canar aspirant*. Il est incontestable qu'une gerbe d'air plus ou moins comprimé, frappant avec force ce front et les anfractuosités voisines, délogera mieux le grisou que l'air aspiré qui ne fait, pour ainsi dire, que lécher les mêmes points. De là, l'utilité des *purges*, au moyen d'un jet d'air comprimé, qu'on a coutume de faire dans quelques charbonnages avant de mettre le feu aux mines, lorsqu'on y a recours à la perforation mécanique.

C'est pourquoi nous pensons que la quantité de 300 à 600 litres d'air indiquée plus haut dépasserait même les besoins si elle était débitée avec une vitesse excédant celle que donnent les moyens actuels de ventilation.

Les montages ou amontements sont les travaux préparatoires dont l'assainissement exige la ventilation la plus active.

Ici encore la quantité d'air nécessaire dépendra non seulement des conditions du gisement, mais encore du mode du travail.

Au siège de Tilleur du charbonnage du Horloz lez-Liège, qui est réputé grisouteux, nous avons vu pratiquer, par simple voie, dans une couche de $0^m,60$ d'ouverture inclinée à 45 degrés, un amontement de près de 40 mètres de hauteur verticale. L'assainissement du travail, par un jeu de canars soufflant, était satisfaisant, quoique que le cube d'air au pied de l'ouvrage ne fût que de 200 litres par seconde. Disons toutefois qu'à notre sens un volume double n'aurait pas été de trop pour parer éventuellement aux dégagements quelque peu anormaux de gaz qui pouvaient résulter des *coupes* ou des chutes inopinées de charbon.

Lors des expériences que nous fîmes en 1865, au charbonnage de l'Agrappe, sur l'aérage des travaux préparatoires, le grisou nous empêcha d'entrer dans un montage en taille de dix mètres de front, pratiqué dans une couche inclinée à 15 degrés et de $0^m,70$ d'ouverture, y compris $0^m,30$ de *bézier* au toit. Cependant cet ouvrage recevait par seconde plus de 700 litres d'air dont le retour s'opérait par trois jeux de canars aspirants de $0^m,35$ de diamètre, partant du pied de l'une des deux voies. Le cube d'air ayant été porté à près de $1^m,50$ par de nouvelles dispositions, tout le montage se trouva parfaitement assaini.

L'annexe II indique d'assez nombreuses expériences d'aérage dans les travaux de l'espèce. Nous basant sur des renseignements et sur nos propres observations, nous estimons qu'un volume de 300 à 1000 litres par seconde suffira généralement à l'aérage des montages par simple voie dans des couches à dégagements notables, surtout si l'air est débité à grande

vitesse par un ou plusieurs tuyaux soufflants. Les cas exceptionnels, c'est-à-dire exigeant un volume plus grand, ne se présenteront guère que dans le Hainaut.

Pour l'exécution des montages par taille, il faudra davantage. Aussi conviendrait-il, dans certains charbonnages, de s'assurer de débits de 1000 à 1800 litres en prévision de l'exécution de ces travaux.

Nous étudierons plus loin le problème de la ventilation des travaux d'ouverture d'un étage quand elle exige un volume utile au fond de $1^{m3},50$ par seconde, ce qui comprend la pluralité des cas, puisque ce volume correspond à 750 litres pour chacune des bacnures d'amont et d'aval pendage, et même à davantage, quand on porte tout l'air d'un seul côté pour l'exécution d'un montage. Nous considérerons aussi le problème pour des volumes respectifs de $1^{m3},88$; $2^{m3},25$; $2^{m3},62$ et $3^{m3},00$.

b. Quant à la longueur que doit avoir, dans la période d'ouverture d'un étage, le développement des conduites, des deux côtés du puits, nous croyons satisfaire amplement aux exigences de la pratique en la fixant à 500 mètres. — En effet, il n'est guère en Belgique de mines à dégagements instantanés où, par suite du nombre et des allures diverses des couches, la première communication ne s'établisse et même ne s'achève à une distance sensiblement moindre. Pour des longueurs plus grandes, c'est simple affaire de calcul.

Bien entendu, il sera loisible à l'exploitant d'utiliser, si la situation des choses le permet,le même système de ventilation pour continuer les travaux préparatoires de l'étage au delà des premières communications en œuvre de veine et du rayon de 500 mètres. Nous ne fixons le chiffre du cube d'air et celui de la distance d'envoi que pour établir nos calculs et prou-

ver ainsi la possibilité de l'application du système dans de larges conditions.

c. A cette fin, il est très important que les conduites ne perdent que peu d'air depuis l'appareil insufflateur jusqu'aux fronts des travaux. Cette condition d'étanchéité est facilement réalisable pour la colonne ou les colonnes à poser dans le puits, les ressources du constructeur donnant toutes garanties à cet égard. Mais il n'en est pas de même de l'installation amovible des tuyaux d'aérage dans les travaux.

Les tuyaux d'aérage généralement en usage donnent lieu, par leur mode trop primitif d'assemblage, à des pertes d'air considérables.

Voici deux faits à l'appui, à part ceux renseignés à l'annexe II.

A l'Agrappe, un jeu soufflant, composé de 60 tronçons de 2 mètres de longueur et de $0^{m},35$ de diamètre et dont les collets d'emboîtement étaient soigneusement et continuellement *suiffés*, ne débitait à la sortie qu'environ $0^{m3},500$ d'air pour 700 litres entrés. Au Horloz, un jeu soufflant de $0^{m},40$ de diamètre et de 65 mètres de développement, dont 50 établis verticalement dans le puits, recevait un $0^{m3},500$ d'air et n'en débitait que 200 litres.

On conçoit quelle perte énorme l'on arriverait à constater, s'il s'agissait d'envoyer à une longue distance une quantité d'air frais quelque peu considérable. Il n'est pas moins évident que cette perte devrait être compensée par un gros supplément d'air à l'entrée et que l'envoi de ce renfort exigerait une charge motrice d'autant plus forte que les fuites augmenteraient encore en raison de celle-ci. En outre, une grande charge motrice serait pour les joints ordinaires une cause de destruction.

Des tronçons de 3 à 5 mètres, assemblés par des

joints perfectionnés, avec caoutchouc interposé, remplaceraient avantageusement les tronçons de 2 mètres actuellement en usage et dont le simple emboîtement n'est garni que d'un bourrage de suif et d'argile. Nous pensons que leur emploi résoudrait le problème (1).

La fabrication des tubes en fer étiré ne cessant de progresser, nous ne doutons pas qu'on n'arrive à fournir des tronçons de l'espèce, sans rivure et d'un diamètre de 20 à 30 centimètres, à des prix abordables pour l'usage en question.

Les canars ordinaires, par la facilité de leur pose, présentent, il est vrai, des avantages spéciaux dans la pratique minière. Mais rien n'empêcherait de s'en servir près du front d'avancement, sauf à les démonter et à les remplacer par des tuyaux perfectionnés, dès que le travail aurait atteint une certaine longueur, soit une quarantaine de mètres.

Les données précédentes étant admises et le nouvel étage étant supposé à 600 mètres de profondeur, nous démontrerons la possibilité du système.

d. Pour plus de simplicité, nous ferons dans nos calculs abstraction du tronçon de conduite qui, à la surface, relie l'appareil insufflateur à la colonne installée dans le puits. Nous négligerons aussi les résistances produites, tant par le raccord de cette colonne avec les deux conduites dirigées en sens contraires à partir du nouveau chargeage, que par les coudes et les inflexions de la canalisation dans les travaux. Enfin il ne sera non plus tenu compte, ni de l'altitude des orifices de débit des deux conduites par rapport au chargeage, ni de la présence éventuelle

(1) Quelques exploitants du pays font aujourd'hui usage de caoutchouc dans l'exécution de ces joints.

du grisou, gaz de faible densité, aux dits orifices. Enfin, nous supposerons la canalisation parfaitement étanche, sauf à majorer, pour compenser *grosso modo* les fuites possibles et la résultante des diverses influences énumérées ci-dessus, la quantité d'air qui nous paraît devoir être débitée à front des travaux.

Ces considérations nous amènent à conclure que le débit de chacune des conduites du fond doit être supposé d'un mètre cube d'air à la seconde, bien que nous n'ayons en vue qu'un débit de 750 litres, quantité déjà supérieure à celle que nous avons précédemment jugée nécessaire pour le creusement d'un travers-bancs. Dans le cas d'un montage, tout le volume disponible sera au besoin concentré, à peu de chose près, dans l'ouvrage par l'établissement d'une conduite jumelle y aboutissant.

Cela posé, le problème se présente comme suit :

Un système de conduites d'air étant composé d'une colonne verticale de 600 mètres de profondeur et de deux branches horizontales de 500 mètres de longueur chacune (pl. I, fig. 1), quels devraient être les diamètres de ces conduites et la force motrice à exercer au sommet de la colonne pour obtenir un débit d'un mètre cube par seconde, à l'extrémité de chacune des branches, tout le système étant supposé étanche et abstraction faite des pertes de force vive, tant au point de partage, qu'aux divers points d'inflexion de l'air?

Le problème est évidemment susceptible d'une foule de solutions. Mais, si mathématiquement, il est tout à fait indéterminé, les solutions pratiques, qui écartent nécessairement l'emploi de moteurs trop puissants, se trouvent resserrées dans des limites assez rapprochées.

38. Dans le calcul des pertes de charge résultant de la circulation de l'air dans des conduites longues et

étroites, on se sert encore fréquemment de la formule de d'Aubuisson. Nous avons préféré recourir à celle de M. Arson. La voici :

$$H = K \frac{L\,d}{D} (av + bv^2).$$

H, perte de charge en mètres d'eau ;
K, constante égale à 0,005173 ;
L, longueur de la conduite, en mètres ;
D, diamètre de la conduite, en mètres ;
d, densité du gaz (ici de l'air) ;
v, vitesse du gaz, en mètres ;
a et *b*, constantes expérimentalement déterminées et ne variant qu'avec le diamètre des conduites.

Il convient de prendre *d* et *v* égaux aux moyennes des densités et des vitesses à l'entrée et à la sortie des conduites.

La table ci-après fournit les valeurs des constantes pour des diamètres compris entre $0^m,60$ et $0^m,15$, les conduites étant en fonte.

Table A (des constantes).

DIAMÈTRES des CONDUITES DE FONTE.	VALEURS des CONSTANTES *a*.	VALEURS des CONSTANTES *b*.
Mètre.		
0.60	0.000000	0.000220
0.55	0.000007 (*)	0.000232 (*)
0.50	0.000020	0.000246
0.45	0.000044 (*)	0.000262 (*)
0.40	0.000075	0.000280
0.35	0.000125	6.000310
0.325	0.000151	0.000326
0.30	0.000180	0.000322
0.275	0.000209 (*)	0.000346 (*)
0.25	0.000240	0.000359
0.225	0.000280 (*)	0.000372 (*)
0.20	0.000330	0.000395
0.175	0.000385 (*)	0.000412 (*)
0.15	0.000440	0.000430

Les valeurs marquées d'un astérisque sont celles que nous avons déduites d'un diagramme construit au moyen de chiffres extraits d'une table publiée par M. Devillez dans son traité *De la chaleur*. Nous pensons que les coefficients ci-dessus sont applicables, sans erreur appréciable, pour le cas de conduites en fer.

La formule de M. Arson nous a permis de dresser la table *B* suivante qui indique, en millimètres d'eau, les pertes de charge dues à la circulation de volumes compris entre $0^m,25$ et 3 mètres, d'un gaz de densité 1, dans des conduites de 100 mètres de longueur, présentant divers diamètres.

Table B (des pertes de charge en eau, pour 100 mètres de longueur).

DIAMÈTRE DES CONDUITES.	PERTES DE CHARGE, EN MILLIMÈTRES D'EAU, CORRESPONDANTES AUX VOLUMES DE :										
	$0^{m^3},25$	$0^{m^3},50$	$0^{m^3},75$	$1^{m^3},00$	$1^{m^3},25$	$1^{m^3},50$	$1^{m^3},75$	$2^{m^3},00$	$2^{m^3},25$	$2^{m^3},50$	$3^{m^3},00$
Mètre.											
0.60	0.15	0.59	1.33	2.37	3.70	5.34	7.27	9.48	12 02	14.82	21.35
0.55	0.25	0.98	2.19	3.89	6 07	8,71	11.90	15.51	19.64	24.22	34.89
0.50	0.43	1.70	3.38	6.70	10.43	15.01	20.30	26 62	33,68	41.46	58.52
0.45	0 75	3.14	6.93	12.12	19.01	27.28	37.01	48.32	61.04	75.24	108.15
0.40	1.62	6.11	13.54	23.66	36 65	52.60	71.34	92.71	117.60	144 82	208.12
0.35	2.61	13.35	29.30	51.44	79.66	114.17	154 38	199 92	265.70	313 83	450 46
0.325	5.43	20.26	44.51	81.42	121.48	174.01	235.92	307.48	388.23	478.71	687.30
0.30	8 25	30.62	67.68	118.90	184 50	264.63	358.51	466.76	589.87	727.03	
0.275	13.18	49.40	108.74	190.96	296.52	424.67	558.00	750 61			
0.25	19.70	85.10	181 33	318.31	494.64	708.84					
0 225	37.88	143.34	316.41	557.14	865.57						
0.20	89.45	334.91	602,49								
0.175	143.45	549.93									
0.15	318.19										

Dans chaque colonne, nous nous sommes arrêté au premier résultat supérieur à 500 millimètres.

En multipliant les chiffres du tableau par 5, on obtiendra les valeurs des pertes de charge pour une longueur de 500 mètres, qui est celle des deux conduites du fond suivant les éléments du problème.

39. *Méthode adoptée pour la solution du problème.* — Nous rechercherons d'abord la tension de l'air à la sortie des conduites; ensuite l'accroissement de tension à leur origine près du chargeage, pour assurer le débit d'un mètre cube à la seconde par chacune d'elles; puis enfin, la pression à exercer au sommet de la colonne en vue de faire fonctionner tout le système.

40. *De quelques influences sur la densité de l'air débité.* — Il est d'abord à remarquer que, par le seul fait de la profondeur, le milieu où se déverse l'air des conduites est plus dense que celui de la surface où cet air est puisé.

Pour évaluer la différence de pression, on peut se servir de la formule de Babinet :

$$D = 16000 \frac{(H - h)}{(H + h)} \left[1 + 2 \frac{(t + t')}{1000}\right]$$

D, profondeur, soit 600 mètres ;

h, pression atmosphérique à la surface, soit $0^{m},76$ de mercure ;

t', température de l'air au fond égale à celle *t* de la surface que nous supposerons de 15 degrés centigrades.

En résolvant l'équation par rapport à *H*, pression barométrique au fond, on obtiendra :

$$H = 0^{m},817 \text{ de mercure.}$$

D'où :

$$H - h = 0^{m},817 - 0^{m},760, = 57 \text{ millimètres de mercure;}$$

ou encore,

$$H - h = 775 \text{ millimètres d'eau.}$$

Si par hypothèse, le ventilateur produit au fond une dépression de 15 millimètres d'eau, cet excédent se réduira à 760 millimètres.

En supposant l'air sec et à la température de 15 degrés centigrades, la densité du fluide qui se déverse des deux conduites sera donnée par l'expression :

$$d = \frac{1}{1 + \alpha . 15} \quad \frac{10,330 + 0,760}{10,330}.$$

α, étant le coefficient de dilatation de l'air égal à 0,00367.

D'où,

$$d = 1,018.$$

Dans ces conditions, le poids du mètre cube d'air débité serait de :

$$1,018 \times 1,293 = 1^{\text{kil.}},316.$$

La densité de l'air redeviendrait égale à l'unité, la température atteignant 20 degrés.

Si l'air, pris à la surface dans les dites conditions de température (15°) et de pression barométrique (0^{m},76 de mercure), se trouvait à l'état hygrométrique le plus ordinaire (72° de l'appareil de Saussure), il contiendrait par mètre cube 6 1/2 grammes de vapeur d'eau que l'on retrouverait dans la proportion de $6,5 \times \frac{11,090}{10,330} = 6^{\text{gr.}},98$ au mètre cube sortant. Par suite des lois de l'hygrométrie, cette quantité de vapeur aurait pour résultat de faire descendre le poids du mètre cube débité à 1,313 et la densité à 1,014.

Cette digression prouve que, dans l'application de la formule de M. Arson au problème qui nous occupe,

les différences de densité de l'air dues à la profondeur, à la température de l'air puisé et à son état hygrométrique, ne sont pas de nature à exercer une influence bien sensible sur les résultats. Néanmoins, nous ne négligerons que l'influence hygrométrique qui est ici particulièrement insignifiante et qui s'exerce en sens inverse des autres. Enfin nous supposerons que l'air ne subit ni échauffement ni refroidissement dans son parcours.

41. *Considérations sur les résultats numériques consignés à la table B.* — Les expériences qui ont permis à M. Arson d'établir sa formule ont été faites à des tensions peu supérieures à la pression atmosphérique. Ce n'est qu'en expérimentant tour à tour sur l'air et sur le gaz d'éclairage, qu'il a pu constater l'influence de la densité. Aussi, comme le fait remarquer M. Devillez dans sa publication précitée, tome I, page 396, il serait peu prudent d'appliquer la formule en question à l'évaluation des pertes de charge qui se produisent dans l'écoulement, par de longues conduites, d'un air très comprimé.

Dans la formation de la table *B* (des pertes de charge en eau pour 100 mètres de longueur) nous nous sommes arrêté, avons-nous dit, au premier résultat supérieur à 500 millimètres, soit 1/20 atmosphère, ou 1/4 atmosphère pour 500 mètres.

La formule de M. Arson, dans cette condition, ne peut cesser d'être pratiquement applicable. Toutefois, nous avons considéré, dans nos calculs, non la vitesse et la densité moyennes de l'air dans la conduite, mais sa vitesse et sa densité à la sortie.

Or, le gaz qui parcourt une conduite uniforme va diminuant de densité et augmentant par conséquent de vitesse. De la diminution de densité résulte une diminution de la perte de charge, tandis que l'accélération

de la vitesse augmente cette perte. Mais l'augmentation compensant et même surpassant sensiblement la diminution, il est évident que, en prenant la densité et la vitesse de l'air à la sortie au lieu de la densité et de la vitesse moyennes, les résultats consignés à la table, loin d'être inférieurs à la réalité, l'excèdent au contraire.

Cette observation ne touche guère que les résultats finals de la table, la différence étant tout à fait négligeable pour les autres.

42. Nous allons chercher à déterminer la charge motrice en fonction de la densité et de la vitesse de l'air sortant.

Reprenons la formule de M. Arson :

$$H = 0.005173 \frac{L}{D} d \,(a\,v + b\,v^2)\,; \qquad (1)$$

d et v étant la densité et la vitesse moyennes.

Soit :

$$0{,}005173 \frac{L}{D} = k'\,;$$

d', densité de l'air à la sortie ;
v', vitesse de cet air à la sortie ;
p', la pression à la sortie.

On peut écrire fort approximativement :

$$d = d' \frac{\left(P + \frac{H}{2}\right)}{P}\,;$$

$$v = v' \frac{P}{\left(P + \frac{H}{2}\right)}\,.$$

Cela posé, l'équation (1) devient, par substitution de ces valeurs :

$$H = k'\,d' \frac{\left(P + \frac{H}{2}\right)}{P} \left[a\,v' + \frac{P}{\left(P + \frac{H}{2}\right)} + b\,v'^2 \frac{P^2}{\left(P + \frac{H}{2}\right)^2}\right]\,;$$

ou,

$$H = k' \, d' \left[a\,v' + \frac{b\,v'^2\,P}{\left(P + \frac{H}{2}\right)} \right];$$

ou encore,

$$H^2 + (2\,P - k'\,d'\,a\,v')\,H = 2\,k'\,d'\,P\,(a\,v' + b\,v'^2). \qquad (2)$$

D'où il est facile de tirer la valeur de H.

43. Prenons le cas d'une conduite de 500 mètres de longueur et de 0m,30 de diamètre, devant débiter un mètre cube d'air à la seconde.

Nous établirons d'abord les valeurs suivantes :

$v' = 14^m,15$;
$v'^2 = 200,22$;
$P = 10,330 + 0,760 = 11^m,090$ (d'eau);
$d' = 1,018$;
$a = 0,000180$;
$b = 0,000332$;
$k' = 8,621$.

Par leur substitution dans l'équation (2), il viendra :

$H = 0^m,557$.

La table B, cinquième colonne, eût directement donné 119 millimètres pour 100 mètres, soit $119 \times 5 =$ 595 millimètres pour 500 mètres, résultat trop fort seulement de 18 millimètres, soit de 3 p. °/o.

Les différences seraient plus sensibles, comme nous l'avons dit, dans les cas où interviendraient les derniers résultats des colonnes. Ainsi, en supposant des diamètres de 0m,25 et de 0m,225, une longueur de 500 mètres et le même débit d'un mètre cube d'air par seconde, on obtiendrait pour H les valeurs de 1516 et de 2547 millimètres. — Les écarts entre ces résultats et ceux de la table B multipliés par 5 atteindraient 76 et 239 millimètres. Les derniers seraient donc trop forts de 5 et de 9 p. °/o.

44. Revenons à la solution du problème, en nous servant de la table *B*.

Soit le cas d'une colonne verticale de $0^m,50$ de diamètre et de 600 mètres de profondeur, se divisant au fond en deux branches horizontales de $0^m,30$ de diamètre et de 500 mètres de longueur.

On a vu que la charge à déterminer au point de bifurcation, pour assurer un débit d'un mètre cube d'air par seconde à la sortie, serait plus que suffisant si elle atteignait :

$$119 \times 5 = 595 \text{ millimètres d'eau.}$$

La tension de l'air au dit point sera donc de :

$$11^m,090 + 0^m,595 = 11^m,685.$$

D'où un excédent de 1355 millimètres sur la tension de l'air à la surface ($10^m,330$).

Quant à la densité correspondante de l'air, elle sera donnée par l'expression :

$$d' = \frac{1}{1 + \alpha\, 15} \times \frac{11,685}{10,330}.$$

Rappelons que :

$$\alpha = 0,00367$$

D'où,

$$d' = 1,072.$$

Cherchons maintenant à déterminer la charge nécessaire au sommet de la colonne pour vaincre les résistances inhérentes au mouvement de l'air dans celle-ci et assurer ainsi le fonctionnement de tout le système suivant les conditions établies (1).

(1) Il est évident que l'air éprouvera une certaine résistance au raccordement de la colonne avec les deux branches de la canalisation du fond. Nous rappelons que nous avons tenu compte tant de cette résistance que de l'influence des fuites, en augmentant d'un tiers le débit d'air jugé nécessaire.

Dans le cas d'une conduite horizontale de 600 mètres de longueur et de $0^m,50$ de diamètre, la table *B* fournirait immédiatement pour la charge correspondante à un débit de deux mètres cubes d'air à 0 degré et à $0^m,76$ de mercure :

$$26,62 \times 6 = 160 \text{ millimètres d'eau.}$$

La densité de l'air étant de 1.072, la charge nécessaire serait de :

$$160 \times 1,072 = 172 \text{ millimètres.}$$

Mais il s'agit ici d'une colonne verticale dans laquelle le poids d'un air plus ou moins comprimé agit dans le sens du mouvement.

Pour évaluer la charge motrice nécessaire au sommet de la colonne, nous ferons de nouveau usage de la formule de Babinet (1), (voir page 43 pour la signification des lettres) :

$$D = 16000 \frac{(H - h)}{(H + h)} \left[1 + 2 \frac{t + t'}{1000}\right].$$

En posant :

$$D = 600 \text{ mètres,}$$

et

$$t = t' = 15^\circ,$$

il vient :

$$h = 0,93\ H.$$

La tension de l'air étant de $11^m,685$ d'eau au pied de la colonne, elle sera au sommet, dans le cas d'équilibre statique, de :

$$h = 0,93 \times 11,685;$$
$$= 10^m,867.$$

(1) Nous avons trouvé l'emploi de cette formule dans l'étude, par M. le professeur Devillez, d'un problème où se présentait la particularité envisagée ici dans le nôtre. — Voir son *Traité élémentaire de la chaleur*, tome I, page 432.

L'air s'écoulant, les résistances se produiront et la charge motrice m, nécessaire au fonctionnement de tout le système, deviendra :

$$m = (10,867 - 10,330) + 0,172;$$
$$= 709 \text{ millimètres d'eau.}$$

Passons au travail à effectuer.

Fuites à part, le volume de 2 mètres cubes, débité au fond, correspond à $2\frac{11,090}{10,330}$ ou $2^{m3},15$ d'air pris à la surface. Partant, l'effet de l'appareil insufflateur consistera à comprimer ce dernier volume, en l'amenant de la pression $p = 10^{m},330$ d'eau à la pression $p + m = 11^{m},039$, et à le faire entrer ensuite dans le système.

Bien que le travail de la compression soit ici insignifiant, nous en tiendrons compte par l'application de la formule connue, donnant le travail total :

$$T = V\left[\frac{Pv}{V}\left(1 + 2,3026 \log. \frac{P}{p}\right) - p\right],$$

dans laquelle,

V, volume d'air puisé à la surface $= 2^{m3},15$;

p, pression atmosphérique à la surface, $= 10330$ kil. ;

P, pression de l'air comprimé, $= 11039$ kil. ;

v, volume d'air réduit par la compression, $= 2.15 \times \frac{10,330}{11,039} = 2^{m3},012$.

La substitution de ces valeurs dans la formule donne :

$$T = 1475 \text{ kilomètres};$$
$$= 19,7 \text{ chevaux.}$$

45. Nous avons fait entrer l'exemple précédent dans le tableau ci-après qui comprend vingt-et-un cas

visant non seulement diverses installations hypothétiques, mais encore différents débits, dits théoriques, variant de 2 à 4 mètres cubes par seconde.

Nos D'ORDRE.	CONDITIONS D'INSTALLATION.		VOLUME D'AIR par seconde (mètres cubes).			TENSION DE L'AIR (hauteur en mètres d'eau)			TRAVAIL UTILE A RÉALISER. Chevaux.	OBSERVATIONS.
	Colonne verticale de 600 mètres dans le puits.	Deux branches horizontales de 500 mètres au fond.	Puisé à la surface.	Hypothétiquement débité au fond.	Pratiquement débité (0.75 du précédent)	Au point de débit.	Au point de bifurcation.	Au sommet de la colonne.		
I	1 colonne simple de 0m,50 de diamètre.	1 conduite simple de 0m,35 de diamètre pour chacune des branches.	2.15	2.00	1.50	11.090	11.347	10.721	10.9	
II	Id.	1 conduite simple de 0m,325 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	11.497	10.861	14.7	
III	Id.	1 conduite simple de 0m,30 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	11.685	11.039	19 7	
IV	Id.	1 conduite simple de 0m,275 de diamètre pour chacune des branches	»	»	»	Id.	12 045	11.379	28.6	
V	Id.	1 conduite simple de 0m,25 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	12.682	11.980	43.9	
VI	2 colonnes jumelles de 0m,40 de diamètre.	2 conduites jumelles de 0m,225 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	11.805	11.133	22.1	
VII	Id.	2 conduites jumelles de 0m,20 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	12.765	12.037	45.3	
VIII	Comme au n° I.	Comme au n° I.	2,68	2.50	1.88	Id.	11.488	10.946	21.3	
IX	Id.	[illegible]	[illegible]	»	»	Id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

X	Id.	Comme au nº III	»	»	»	Id.	12.013	11.446	37.9	
XI	Id.	Comme au nº IV.	»	»	»	Id.	12.573	11.980	54.6	
XII	Comme au nº VI.	Comme au nº VI.	»	»	»	Id.	12.197	11.589	42.6	Le volume pour chacune des quatre conduites du fond sera $\frac{2.5''}{4} = 0^{m3},625$. Comme le tableau *B* n'a pas de colonne correspondante à ce débit, force a été de recourir directement à la formule de M. Arson pour déterminer les pertes de charge.
XIII	Comme au nº I.	Comme au nº I.	3.22	3.00	2.25	Id.	11.661	11.200	35.8	
XIV	Id.	Comme au nº II.	»	»	»	Id.	11.960	11.508	47 8	
XV	Id.	Comme au nº III.	»	»	»	Id.	12.413	11.944	64 4	
XVI	Comme au nº VI.	2 conduites jumelles de $0^m,275$ de diamètre pour chacune des branches	»	»	»	Id.	11.634	11.157	34 2	
XVII	Id.	2 conduites jumelles de $0^m,25$ de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	11.997	11.495	47.5	
XVIII	Id.	Comme au nº XVI.	3.76	3.50	2.62	Id.	11.825	11 461	53.8	Le volume pour chacune des quatre conduites du fond sera de $\frac{3.5''}{4} = 0^{m3},875$. Même observation que ci-dessus.
XIX	2 colonnes jumelles de $0^m,50$ de diamètre.	2 conduites jumelles de $0^m,35$ de diamètre pour chacune des branches.	4.30	4.00	3.00	Id.	11.347	10.721	21.8	C'est le système d'installation nº I doublé.
XX	Id.	2 conduites jumelles de $0^m,325$ de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	11.497	10.861	29.4	C'est le système d'installation nº II doublé.
XXI	Id.	2 conduites jumelles de $0^m,30$ de diamètre pour chacune des branches,	»	»	»	Id.	11.685	11.039	39.4	C'est le système d'installation nº III doublé.

46. On remarquera que pour obtenir les débits pratiques, nous avons affecté d'un coefficient de 75 p. °/ₒ les débits dits théoriques, afin de faire la part des fuites et des pertes de charge résultant des coudes. Il est vrai que ce coefficient variera suivant les installations et les circonstances. Ainsi, pour une même conduite, l'importance des fuites sera notamment en raison de la pression intérieure. — Ces fuites tendent à déterminer un abaissement de la charge motrice. Par contre, pour les compenser, il est nécessaire de puiser à l'origine du système un excédent de volume; ce qui exigera une augmentation sensible de la dite charge motrice. Les filtrations d'air seront, en outre, en raison de la fréquence et du développement des joints; et l'on remarquera que, si les conduites de petit diamètre réclament de hautes charges motrices, elles se prêtent mieux à la bonne exécution des joints (1).

Le coefficient de réduction n'a donc rien de rigoureux. En restant dans les conditions indiquées au tableau, il nous semble cependant possible que l'on arrive à l'emploi de joints assez perfectionnés pour permettre l'application du coefficient ci-dessus, surtout lorsque les charges resteront en dessous de 1000 millimètres d'eau. Sinon, il faudrait recourir à l'hypothèse d'un débit plus grand. C'est en partie dans cette éventualité que nous avons considéré des débits hypothétiques de 2,^{m}50, 3,^{m}00, 3,^{m}50 et 4,^{m}00. Quoi qu'il en soit, une grande étanchéité des conduites est une nécessité *sine qua non* du système.

47. Le tableau précédent montre, d'une manière saisissante, l'influence de la décroissance du diamètre

(1) Les conditions essentielles auxquelles doivent satisfaire les joints de l'espèce sont les suivantes: Etanchéité aussi par faite que possible malgré les mouvements du terrain, facilité de confection et d'entretien, coût modéré.

des conduites et celle de l'augmentation du volume à débiter, sur le travail qu'il s'agira de produire.

L'influence du développement des conduites ressort plus spécialement du tableau ci-après :

Nos D'ORDRE.	CONDITIONS D'INSTALLATION. Colonne verticale de 600 mètres dans le puits.	CONDITIONS D'INSTALLATION. Deux branches horizontales de 500 mètres au fond.	VOLUME D'AIR par seconde (mètres cubes). Puisé à la surface.	VOLUME D'AIR Hypothétiquement débité au fond.	VOLUME D'AIR Pratiquement débité (0.75 du précédent).	PRESSION EFFECTIVE AU SOMMET DE LA COLONNE (millim. d'eau) POUR LONGUEURS DE 0m	100m	200m	300m	400m	500m	TRAVAIL UTILE A RÉALISER (chevaux) POUR LONGUEURS DE 0m	100m	200m	300m	400m	500m
I	1 colonne simple de 0m,50 de diamètre.	1 conduite simple de 0m,35 de diamètre pour chacune des branches	2.15	2.00	1.50	146	194	243	292	341	391	4.2	5.6	6 9	8.2	9.6	10.9
II	Id.	1 conduite simple de 0m,325 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	223	300	377	455	531	Id.	6.3	8.4	10.6	12.6	14.7
III	Id.	1 conduite simple de 0m,30 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	258	371	484	596	709	Id.	7.3	10 4	13.5	16.6	19.7
IV	Id.	1 conduite simple de 0m,275 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	328	507	688	868	1049	Id.	9.2	14.1	19.1	23.6	28.6
V	Id.	1 conduite simple de 0m,25 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	448	748	1049	1349	1650	Id.	12.4	20.7	28.6	36.2	43.9*
VI	2 colonnes jumelles de 0m,40 de diamètre.	2 conduites jumelles de 0m,225 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	128	263	398	533	668	803	3.7	7.4	11.0	14.8	18.4	22.1
VII	Id.	2 conduites jumelles de 0m,20 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	454	760	1075	1392	1707	Id.	12.6	21.0	29.7	37.3	45.3*
VIII	Comme au no I.	Comme au no I.	2.68	2.50	1.88	237	311	389	455	540	616	8.5	10.9	13.7	15.9	18.8	21.3
IX	Id.	Comme au no II.	[illegible]	»	»	Id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Id.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

X	Id.	Comme au nº III.	»	»	»	Id.	413	580	765	940	1116	Id.	14.5	20.4	26.2	32.0	37.9
XI	Id.	Comme au nº IV.	»	»	»	Id.	520	802	1084	1368	1650	Id.	18.1	27.4	36.8	*46.0	*54.6
XII	Comme au nº VI.	Comme au nº VI.	»	»	»	206	407	629	838	1049	1259	7.4	14.3	21.7	28.6	35.6	*42.6
XIII	Comme au nº I.	Comme au nº I.	3.22	3.00	2.25	341	451	560	671	781	870	14.6	19.1	23.5	28.0	32.3	35.8
XIV	Id.	Comme au nº II.	»	»	»	Id.	508	675	843	1010	1178	Id.	21.4	28.1	34.8	41.3	*47 8
XV	Id.	Comme au nº III.	»	»	»	Id	597	850	1105	1360	1614	Id.	24.9	35.2	*45.0	*54.7	*64.4
XVI	Comme au nº VI.	2 conduites jumelles de 0m,275 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	305	409	512	618	722	827	13.1	17.4	21.6	25.9	30 0	34.2
XVII	Id.	2 conduites jumelles de de 0m,25 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	479	653	827	1001	1165	Id.	20.1	27 3	34.2	41.1	*47.5
XVIII	Id.	Comme au nº XVI.	3.76	3.50	2.62	419	561	704	847	989	1131	20.8	27.3	35.0	41.0	*47.2	*53.8
XIX	2 colonnes jumelles de 0m,50 de diamètre.	2 conduites jumelles de 0m,35 de diamètre pour chacune des branches.	4.30	4.00	3.00	146	194	243	292	341	391	8.4	11.2	13.8	16.4	19.2	21.8
XX	Id.	2 conduites jumelles de 0m,325 de diamètre pour chacune des branches	»	»	»	Id.	223	300	377	455	531	Id.	12.6	16 8	22.2	25.2	29.4
XXI	Id.	2 conduites jumelles de 0m,30 de diamètre pour chacune des branches.	»	»	»	Id.	258	371	484	596	709	Id.	14.6	20.8	27.5	33.2	39.4

On voit combien sont nombreux les cas envisagés. Nous avons marqué d'un astérisque les résultats qui nous paraissent devoir être écartés dans la pratique comme exigeant un travail trop considérable.

48. Les diamètres des conduites seront choisis de manière à éviter, d'une part, l'emploi de tronçons, soit difficiles à installer par leur lourdeur, soit à joints malaisément exécutables, et, d'autre part, celui de tuyaux dont la section trop faible engendrerait des résistances incompatibles avec le but à atteindre. Quant aux avantages qui résulteraient d'un double système de conduites à diamètre réduit, tant pour diminuer l'encombrement que pour faciliter l'entretien des joints, il est inutile de les faire ressortir.

49. L'***insufflateur*** pourra être avantageusement composé d'appareils conjugués et à piston.

Un de nos amis, dont la compétence en matière mécanique est bien établie, M. Ch. Beer, estime qu'un insufflateur de ce genre, étudié et construit pour l'usage en question, donnerait 60 p. °/o du travail de la vapeur dans le moteur.

D'après les résultats consignés au dernier tableau, qui se rapportent aux cas où les conduites du fond ont un développement de 500 mètres et qui n'exigent pas plus de 40 chevaux de travail utile, le moteur devrait être de 15 à près de 70 chevaux. Pour des développements moindres, la force du moteur pourrait être sensiblement restreinte, à moins qu'on ne réduisit le diamètre même des conduites.

50. Tel est le système que nous soumettons à l'examen des exploitants, sans nous faire illusion sur la nature de l'accueil qui lui sera généralement fait d'abord. L'idée paraîtra sans doute trop théorique et sa réalisation, trop onéreuse. Cependant nous croyons fermement que l'avenir prouvera qu'elle n'est point une utopie.

51. Elle semble d'ailleurs susceptible d'être réalisée d'une façon restreinte, sans exiger de bien onéreuses installations. Ainsi, dans les mines où, pour les travaux d'ouverture d'étage, l'exploitant ne dispose que d'une dépression insuffisante, on pourrait se borner à insuffler de la surface 2 à 4 mètres cubes d'air jusqu'au chargeage qui serait clos au fond par des portes solides. Cet air, dont la pression s'ajouterait à la dépression produite par le ventilateur de la mine, serait conduit, par les procédés d'usage, au front des travaux préparatoires, sans que l'on dût forcer la marche de ce dernier appareil ou nuire à l'aérage des étages en exploitation. Par l'emploi de larges conduites au fond, il ne serait pas besoin d'une pression bien considérable au delà des portes pour assurer une ventilation convenable des travaux d'ouverture du nouvel étage. Un insufflateur de 20 à 30 chevaux offrirait de nombreuses ressources sous ce rapport.

Si, d'autre part, on pouvait disposer, pour l'aérage exclusif des travaux préparatoires, d'un puits parfaitement isolé de tout autre du siège d'exploitation, ce puits, auquel suffirait un très faible diamètre, pourrait remplir l'office de la colonne du système exposé.

52. Quant à l'emploi de petits Koerting à air comprimé, intercalés dans le système de canalisation ainsi que nous l'avons déjà indiqué, c'est là un essai à tenter. Mais leur faible effet utile nous fait douter qu'ils soient préférables à un insufflateur unique et puissant établi à l'orifice du puits. On pourrait aussi recourir à l'emploi simultané des deux modes.

53. Avant d'aborder le dernier chapitre de cette notice, un mot sur la façon dont on s'y prend au charbonnage de Marihaye pour ouvrir les étages. Elle consiste à attaquer les travaux de bacnure à une assez grande distance des puits. A cet effet, on *avalle*,

à une couple de cent mètres de ceux-ci, deux *bouxtays* en veine dans l'une des allures en dressant qui se présentent à cette distance. L'un de ces bouxtays est muni d'un treuil aéro-moteur, l'autre sert au retour de l'air. Creusés promptement à la profondeur voulue, ils donnent lieu à deux chantiers à la pierre en sens contraire et dont l'un avance vers les puits pendant qu'on approfondit ceux-ci.

Quoique cette pratique ait surtout pour but d'activer l'établissement du nouvel étage, elle présente, au point de vue des dégagements instantanés de grisou, l'avantage d'ouvrir les travaux en dehors du voisinage immédiat du puits d'extraction et d'en exécuter une grande partie sans communication directe avec celui-ci.

DIGRESSION SUR L'AÉRAGE DES TRAVAUX PRÉPARATOIRES.

54. Nous avons recommandé en 1866, surtout en prévision des dégagements instantanés de grisou, l'emploi de *canars soufflants* pour l'aérage des travaux préparatoires. Ainsi que nous l'avons rappelé au n° 30 de cette notice, il importe de protéger les autres chantiers contre le reflux du grisou qui proviendrait d'un travail de l'espèce, et d'assurer en même temps le rapide écoulement du gaz par les voies de retour.

Outre cet avantage essentiel, les canars soufflants ont encore, sur les canars aspirants, l'avantage d'un débit plus considérable. En effet, l'air, par son altération dans les mines, notamment par son mélange avec le grisou, occupe un volume plus grand à son retour qu'à son arrivée; il est donc rationnel de réserver la grande section du circuit pour le retour. Ensuite la seconde disposition exige généralement (1) un coude

(1) Le contraire peut se produire, mais ce sera l'exception.

de plus que la première qui, souvent, n'en exige aucun. Puis, l'influence de la contraction de la veine fluide à son entrée dans la conduite paraît devoir augmenter lorsque l'arrivée de l'air dans la galerie a lieu en sens inverse de celui de cette entrée, c'est-à-dire lorsqu'il y a rebroussement ; ce qui est le cas ordinaire avec les canars aspirants. Puis encore, si l'air doit gagner le puits d'appel par deux exploitations (tenues en non activité), par exemple le levant et le couchant d'une même couche, son partage dans celles-ci se fait librement au profit du volume. Nous pensons enfin, que les fuites auxquelles donnent lieu les canars soufflants sont relativement moindres (en tous cas elles se dénotent mieux) que les filtrations qui se produisent en sens contraire dans les conduites aspirantes, ceci dit pour les conduites à emboîtement usuel. En effet, l'aspiration aux joints s'exerce du dedans au dehors avec les canars soufflants et du dehors en dedans avec les canars aspirants. Or, l'air animé d'une grande vitesse dans une conduite soufflante, nous semble devoir échapper plus facilement à l'aspiration aux joints que l'air qui circule lentement autour d'une conduite aspirante (1).

Notons encore, que l'air en s'échappant avec vitesse d'une conduite soufflante vient s'écraser sur le front d'avancement et en assure ainsi bien mieux l'assainissement que l'air qui arrive lentement *vers* ce point pour rebrousser ensuite brusquement par une conduite aspirante. A ce propos il est à remarquer, que le prolongement des conduites d'air jusqu'à l'extrémité d'un

(1) Afin de restreindre les fuites aux joints des canars soufflants, chaque tronçon doit être *emboîté* dans le suivant. Il convient d'employer la disposition inverse pour les canars aspirants, sinon l'aspiration par les joints se ferait en sens opposé au courant dans la conduite, ce qui contrarierait le mouvement, tout en y augmentant sans profit le volume circulant.

ouvrage n'est pas toujours possible, surtout lorsqu'on fait usage de la poudre.

Point également essentiel en ce qui concerne cet usage, la conduite soufflante a cet avantage de faire arriver de l'air pur sur les fourneaux de mines, tandis que la conduite aspirante n'y appelle qu'un air plus ou moins vicié par le grisou qui se dégage des roches, des cassures et des laies de charbon mises à découvert dans les avancements antérieurs.

Les canars soufflants s'imposent surtout pour les travaux en défoncement ou de niveau. Le nouveau règlement les rend obligatoires pour le creusement des travers-bancs.

Ils présentent cependant le grave inconvénient de faire revenir l'air par la voie de transport. D'où une circulation d'ouvriers munis d'appareils d'éclairage dans un milieu exposé à se charger plus ou moins de grisou. Ici intervient l'article 19 du règlement de police de 1884, ainsi conçu : « Tout courant d'air vicié par un « mélange de gaz délétères ou inflammables, au point « de constituer une cause de danger pour la santé ou « la sécurité des ouvriers, sera soigneusement écarté « d'un atelier quelconque et des voies fréquentées.

« L'étendue des ateliers de travail sera limitée, au « besoin, de manière à soustraire les ouvriers placés « sur le retour du courant, aux effets nuisibles d'une « trop grande altération de l'air. »

Cet article restreint donc l'usage de l'aérage soufflant.

L'inconvénient signalé peut surtout s'aggraver dans les montages ou amontements à simple voie, le gaz tendant à s'accumuler au sommet de l'excavation en raison de sa légèreté relative et à cause de la lenteur de sa diffusion dans l'air. Ajoutons que, par l'effet du gaz qui se dégage des parois latérales du montage ou

d'une coupe précédemment traversée, il pourra aussi se former des *stoupions* de grisou en dessous du front d'avancement, relativement bien apuré (1). Nous croyons que ce fait se produira bien exceptionnellement dans les conditions d'aérage que nous nous sommes imposées. S'il se produisait, l'aérage aspirant deviendrait nécessaire, et on aurait recours à l'une des dispositions indiquées à la fin de cette notice comme système mixte. C'est une combinaison des deux modes d'aérage avec prédominance de l'aérage aspirant.

55. Les deux méthodes, à simple voie ou par taille, suivies pour l'exécution des montages, ont respectivement des avantages et des inconvénients qui, pour la plupart, ont été signalés dans notre mémoire de 1866. (Voir à l'annexe IV le parallèle que nous en avons fait alors.) Depuis, nos idées se sont un peu modifiées en s'accentuant dans le sens favorable à l'emploi de la première méthode. Nous reconnaissons volontiers que, grâce aux moyens de ventilation dont on dispose aujourd'hui et à ceux que nous recommandons en sus, celle-ci est généralement praticable et qu'elle nous paraît devoir être souvent préférée à la seconde, hors le cas, de distances très considérables, telles qu'il s'en présente dans les plateures. Et encore peut-on, dans ce cas, pratiquer sur une partie de la longueur, deux montages jumeaux à simple voie que l'on fait communiquer à certaines hauteurs par de petites galeries.

Avant de rentrer dans la discussion de ces méthodes, il n'est pas inopportun de rappeler ce qui suit :

Dans le système par simple voie, l'excavation a le plus souvent un front de $1^{m},80$ à 2 mètres de largeur.

(1) L'action d'un jet d'air comprimé, dirigé sur les *stoupions*, nous paraît pouvoir être utilisée pour les dissiper.

Le soutènement, qui doit être soigné, forme deux compartiments dont l'un reçoit la conduite ou les conduites d'aérage et l'autre sert tant à la circulation des ouvriers qu'à l'évacuation des produits de l'abatage.

Dans le système par taille, le front a d'ordinaire 8 à 10 mètres de largeur et est desservi par deux voies. Lorsqu'il s'agit d'une communication par taille en dressant, on pratique souvent une cheminée spéciale pour la descente des produits; et, dans le but de restreindre au minimum la largeur du front, soit à 6 mètres, cette cheminée, au lieu d'être établie dans le remblai, n'est parfois qu'un compartiment de l'une ou de l'autre voie que l'on a partagée en deux.

56. Comparons maintenant les deux systèmes.

a. Le système par simple voie joint à l'avantage d'une plus grande rapidité d'exécution, celui d'exiger moins d'ouvriers. D'où, durée restreinte d'un travail plus ou moins dangereux ou tout au moins, s'il y a des suspensions d'avancement, durée moindre d'occupation de l'ouvrage; diminution des risques résultant de la réunion d'un certain nombre d'appareils d'éclairage, et facilité relative de recruter pour ce travail des ouvriers d'élite en nombre suffisant.

b. Au point de vue spécial des éventualités d'éboulement au front d'avancement, le système par simple voie est également avantageux, surtout dans les couches puissantes et friables, les *fermes* latéraux constituant des culées de soutènement relativement rapprochées.

c. Au point de vue, spécial aussi, des dégagements du grisou, les avantages de chaque système balancent plus ou moins ceux de l'autre.

Les éboulements, au front d'avancement, n'étant pas aussi fréquents ni aussi considérables en simple voie qu'en taille, le premier système pare mieux, il est vrai, aux chances d'émissions souvent notables de gaz qui

accompagnent généralement les chutes de charbon. De plus, ce système est encore préférable si l'on considère le volume relativement peu considérable de charbon abattu et désagrégé que produit l'avancement en simple voie.

Mais, d'autre part, un front de taille, par la lenteur relative de l'avancement, se saigne bien mieux qu'un front de voie. Il en est de même des fermes latéraux, surtout dans leurs parties les plus récemment découvertes. Néanmoins, quoique le dégagement normal du gaz par mètre carré de front et de fermes latéraux soit plus notable dans le travail en simple voie que dans celui en taille, le second mode semble devoir provoquer une émission plus grande de gaz, tout au moins pendant l'abatage du charbon, cette opération se pratiquant sur de grandes masses.

Quant aux dégagements instantanés, si ces phénomènes sont capables de déplacer plus de charbon en taille qu'en voie, ils peuvent cependant augmenter de fréquence dans ce dernier cas par l'effet d'un avancement rapide à travers une région point ou peu saignée. Mais rien n'empêche, et la précaution est souvent nécessaire, de suspendre périodiquement le travail afin de permettre l'exécution particulièrement soignée d'un faisceau de trous de sonde d'un diamètre convenable.

d. Au point de vue de l'aérage, l'établissement de deux voies, dans le second système, assure un passage facile au parcours de l'air dans tout l'ouvrage D'où moins de résistance à la ventilation et plus d'air pour la dilution du grisou. En outre, la confection, pour remblai, d'un *fin stappe* bien tassé, diminuera d'autant mieux les pertes d'air, surtout en dressant, que la différence des tensions aux voies d'entrée et de sortie n'est pas d'ordinaire bien considérable.

Enfin, il faut considérer que des appareils spéciaux d'insufflation, d'un effet sûr, peuvent être établis, soit au fond, soit à la surface et, qu'en outre, les importantes pertes d'air, auxquelles donnent lieu les conduites usuellement employées, sont susceptibles d'être notablement réduites par des joints perfectionnés (1). Rappelons enfin que l'air projeté avec vitesse sur un front d'abatage et pour ainsi dire s'y écrasant, délogera bien mieux le grisou qu'en rasant le remblai au pied des travailleurs.

e. Au point de vue de l'accessibilité du front et de la facilité du sauvetage, la méthode par taille l'emporte sans conteste puisqu'elle implique l'existence de deux voies dont l'une, recevant de l'air frais, sera généralement praticable dans de bonnes conditions, et dont la seconde offre une issue de retraite en cas d'éboulement de la première. Afin de pouvoir rétablir au besoin l'aérage lors de l'obstruction d'une voie, on ménage parfois dans le remblai, de distance en distance, des communications fermées au moyen de trappes ; mais ces communications occasionnant des pertes d'air, leur emploi exige une ventilation surabondante.

Dans le système par simple voie, il importe que l'excavation puisse être solidement établie et de telle sorte que ni les mouvements de terrain ni l'écoulement des produits de l'abatage ne compromettent le soutènement de la galerie unique. C'est une condition *sine qua non* de l'emploi de la méthode. Mieux vaut souvent ici deux voies passables qu'une seule, d'apparence meilleure. Mais un soutènement bien fait et bien surveillé présentera, dans la plupart des couches, assez de garanties contre le danger appréhendé. A ce sujet,

(1) Dans les mauvais terrains, il est toujours difficile de maintenir l'étanchéité des joints des conduites quand ils sont simplement *suiffés*.

nous ne connaissons pas que, dans le bassin de Liège, où la méthode en question est généralement pratiquée, la retraite ait été jamais coupée aux ouvriers par l'éboulement de la voie.

D'ailleurs, en cas de terrains particulièrement mauvais on pourrait encore avoir recours aux montages jumeaux à simple voie.

Chacune des méthodes a donc ses avantages et ses inconvénients. Le choix dépendra du coup d'œil et de la prévoyance du directeur du charbonnage, et, le cas échéant, des prescriptions administratives (1).

Nous avons pu recueillir sur ce point l'avis de plusieurs directeurs de charbonnages très grisouteux du Couchant de Mons. MM. Bouchez, Hecquet et Soupart, tout en faisant la part des avantages et des inconvénients inhérents aux deux méthodes, donnent, ou nous ont paru donner, mais à des degrés divers, la préférence au système par taille, notamment pour les couches à dégagements instantanés.

Il n'en est pas de même, semble-t-il, dans le bassin de Liège. Ainsi, M. Van Zuylen, ingénieur-directeur du charbonnage d'Ougrée, est partisan absolu de l'autre méthode. Et, à notre sens, son opinion a d'autant plus de valeur qu'il a pratiqué plusieurs années au Couchant de Mons la méthode par taille qui y règne presqu'exclusivement. M. Van Zuylen a donc pu comparer expérimentalement les deux systèmes.

Evidemment, on ne peut agir avec trop de prudence lorsqu'il s'agit de substituer une méthode à une autre,

(1) L'art. 33 du nouveau règlement de police sur les mines règle comme suit l'intervention administrative en cette matière : « Avant d'entreprendre « un travail préparatoire ou de reconnaissance, tant en pierre qu'en veine, « aéré au moyen d'un courant d'air descendant, l'exploitant est tenu d'en « donner avis à l'ingénieur et de lui faire connaître les dispositions qu'il « se propose de prendre pous assurer l'assainissement des chantiers ».

surtout si cette dernière paraît préférée par des hommes qui se sont trouvés en lutte journalière avec le plus terrible fléau du houilleur. Les essais doivent se faire avec circonspection. Mais, on ne doit pas oublier non plus que parfois les habitudes prises sont un obstacle à des améliorations. Heureusement qu'aujourd'hui, la science des directeurs éclaire leur pratique. L'industrie n'est plus au temps où, dans la principale province houillère du pays, il fallait toute l'autorité de feu M. l'ingénieur en chef Gonot et de ses collaborateurs pour faire passer dans la pratique le principe de l'aérage divisé et ascensionnel ou tout au moins pour le généraliser.

Quant aux avantages résultant de la quantité et de la valeur des produits de l'abatage, ils ne peuvent guère entrer en ligne de compte, si ce n'est dans des couches peu grisouteuses. Tout en trouvant légitime que l'on cherche à tirer du charbon abattu le meilleur parti possible, nous ne pouvons considérer un montage comme un chantier de production.

Notons cependant que, lorsque les couches ont des intercalations terreuses, le montage par taille aura l'avantage de donner un charbon relativement propre. Mais, nous le répétons, la perspective de cet avantage — moins que secondaire — ne peut entrer en ligne de compte dans le choix de la méthode, lorsqu'il s'agit de couches à dégagements instantanés.

57. Le grand principe d'ailleurs, nous l'avons mentionné, c'est de pratiquer les communications par *vallée* ou *défoncement*, c'est-à-dire, en descendant.

58. En terminant ce chapitre, nous rappellerons aussi qu'il pourra devenir avantageux de combiner l'aérage par canars soufflants avec l'aérage par canars aspirants. Dans ce cas, les portes disposées pour déterminer le retour de l'air par les canars aspirants,

devront être construites et placées comme nous l'avons exposé dès 1879, c'est-à-dire de telle sorte que, un dégagement violent de grisou survenant, elles reçoivent *les premières* le choc et fassent, renversées et les portes à l'arrivée de l'air tenant bon, l'office de soupapes pour évacuer le gaz vers le puits d'appel.

La figure 2 de la pl. I, indique cette disposition appropriée aux travaux d'ouverture d'étage.

La figure 3 est une modification permettant d'accélérer la vitesse de l'air au front d'avancement sans y prolonger d'une façon continue le jeu soufflant.

Ce système mixte sera surtout applicable aux amontements dans lesquels se formeraient, en arrière du front, des accumulations dangereuses du gaz.

Nous venons de passer en revue les mesures et précautions que l'art des mines, au point d'avancement où il est parvenu, prescrit ou conseille au mineur pour atténuer le danger des dégagements instantanés de grisou.

Certes il en est d'autres, inconnus encore, que découvriront dans la suite l'observation et l'analyse des faits.

Nous tenons néanmoins pour vrai que, dans l'état de choses actuel, si le péril est grand, on peut souvent le conjurer, soit dans sa source, soit dans ses effets.

L'art des mines n'a donc pas à désarmer. Dans sa sphère comme ailleurs, tout résultat acquis, tout point gagné n'est à son tour que le précurseur et comme l'aurore d'un nouveau progrès.

Bruxelles, décembre 1884.

ANNEXES

ANNEXE I.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Administration des Ponts et Chaussées et des Mines.

Direction des Mines. — N° 5123.

Bruxelles, le 2 octobre 1879.

A Monsieur Chicora, *Président de la Commission instituée pour préparer la revision des règlements de mines.*

Monsieur le Président,

L'étude qui a pu être faite jusqu'ici des circonstances des coups de feu survenus dans plusieurs mines du pays sujettes aux dégagements instantanés de grisou, et notamment de celui du 17 avril dernier, au puits n° 2 de l'*Agrappe*, impose la recherche de nouvelles mesures de sécurité pour les mines de l'espèce. — Les unes seront d'installation, d'autres simplement de police, d'autres encore concerneront la conduite des travaux.

Un principe d'exploitation m'est indiqué comme se dégageant de cette étude. C'est que, dans ces mines, les travaux devraient être disposés de manière qu'en cas d'une irruption subite et abondante de grisou, le dégagement du gaz par les voies d'aérage rencontrât le moins d'obstacles possible. — Ce qu'il importerait en d'autres termes, ce serait d'empêcher ou de restreindre le reflux de ce gaz dans les divers chantiers et vers le puits d'extraction.

L'application de ce principe paraîtrait surtout opportune lors de l'ouverture d'un étage. Il est en effet à remarquer que les coups de feu

se sont fréquemment produits dans cette période de travaux que la Commission envisagera pour rechercher si elle ne réclame pas des mesures spéciales de sécurité.

Le dernier accident de l'*Agrappe* a une grande analogie avec celui qui est arrivé en 1865 au puits Sainte-Catherine du *Midi de Dour*. On peut dire qu'il a été la reproduction amplifiée du même événement. A l'un et à l'autre charbonnage, le grisou est provenu de travaux préparatoires en veine pratiqués à un étage récemment ouvert et partant peu étendu. Dans les deux cas, le grisou est venu brûler à la surface. Et il serait surtout à remarquer que si, à l'Agrappe, le grisou ne pouvait gagner directement le puits d'aérage qui n'était pas descendu au niveau de l'étage, au Midi de Dour, le gaz, pour s'échapper par le puits d'appel, devait passer par des tuyaux aspirants disposés au travers de portes établies dans la galerie de communication avec ce puits, portes formant obstacle à une rapide évacuation.

Donc au puits n° 2 de l'Agrappe, comme au puits Sainte-Catherine du Midi de Dour, l'importance d'un dégagement instantané de grisou ne devait pas être excessive pour que le gaz refluât fatalement jusqu'au chargeage.

Vous voudrez bien faire examiner, Monsieur le Président, si les mesures énumérées ci-après, qui me sont signalées, ne seraient pas de nature à devoir être imposées ou recommandées aux exploitants de certaines mines pour éviter, dans les limites du possible, le retour de ces déplorables accidents.

A. — *Mesures générales de police et d'installation.*

1° Suppression du rallumage des lampes au fond des travaux.

2° Eclairage des chargeages par l'emploi exclusif des lampes Mueseler de format ordinaire.

3° Eclairage des abords des puits, à la surface, par des appareils électriques présentant des dispositions spéciales. — A défaut de ces appareils, emploi de lampes de sûreté de grand format ou de lampes alimentées par de l'air pris en un point éloigné des puits et en contrebas des recettes.

4° Emploi de la vapeur d'eau ou de tout autre véhicule de chaleur propre à supprimer les foyers à feu nu aux abords des puits.

5° Etablissement des orifices des puits de sortie des ouvriers en dehors des bâtiments susceptibles d'être incendiés.

6° Extension de l'emploi du fer dans la construction des bâtiments qui recouvrent les puits ainsi que dans celle de leurs châssis à molettes, soutènement et guidonnage.

B. — *Mesures d'exploitation.*

1° Sondage en veine.

2° Réduction de l'avancement des tailles en raison de l'abondance du grisou.

3° Galeries de retour à section large et parfaitement libre. — D'où, le placement des portes régulatrices de l'aérage dans les voies de l'arrivée de l'air.

C. — *Mesures pour l'ouverture d'un étage.*

a. Interdiction, sans autorisation spéciale, de tout travail préparatoire à cet étage, tant que celui-ci n'est pas accessible par deux puits ou deux voies dont une servant au retour de la ventilation. (L'autorisation, si ce n'est dans des circonstances exceptionnelles, ne serait accordée que pour l'établissement d'une communication de niveau entre les deux voies d'accès).

b. Dimensions restreintes à donner provisoirement au nouveau chargeage du puits de l'arrivée de l'air, tout au moins à son extrémité; et établissement, dans la partie étroite de cette excavation, de portes très solides dont les épaulements seront traversés par un ou plusieurs tuyaux affectés à l'entrée de l'air dans l'étage.

c. Emploi de ventilateurs Koerting, à air comprimé, pour souffler l'air par ces tuyaux, ou bien raccord de ceux-ci avec une large colonne en fonte installée à demeure dans le puits, et à l'orifice supérieur de laquelle agira un appareil spécial d'insufflation d'air à forte pression établi à la surface. (La mise de l'aérage au nouvel étage n'aura ainsi aucune action ralentissante sur la ventilation des exploitations poursuivies aux autres niveaux).

d. Galerie de communication vers le puits d'appel largement ouverte et puits d'appel tenu complètement libre.

e. Dans le cas d'un aérage par tuyaux aspirants, maintien des dispositions précédentes et établissement, au delà de la dite galerie de communication, de portes spéciales moins résistantes que les portes de chargeage, de manière qu'elles soient les premières et vraisembla-

blement les seules renversées par un dégagement violent de grisou, et qu'ainsi le gaz trouve immédiatement un facile écoulement par le puits d'appel. (Les tuyaux d'arrivée de l'air devront nécessairement être prolongés pour déboucher derrière ces portes spéciales).

A ces diverses mesures, dont vous aurez à juger la convenance et le degré d'opportunité, viendront s'ajouter celles que vous suggérera une étude plus approfondie des éléments de la question.

Il est inutile, Monsieur le Président, que j'insiste sur l'importance que j'attache aux travaux de la Commission. Je sais que ce sentiment est partagé par vous et Messieurs vos collègues.

Aussi, je compte sur le zèle de tous, pour espérer qu'elle saura, sans précipitation mais aussi sans retard inutile, accomplir sa tâche.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma haute considération.

Le Ministre des travaux publics,
SAINCTELETTE.

ANNEXE II.

Résultats d'expériences sur l'aérage des travaux préparatoires.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, un assez grand nombre des cubages anémométriques consignés ci-après sont des volumes d'air *apparents*, c'est-à-dire pour lesquels on n'a tenu compte ni de la contraction du fluide à l'entrée de la conduite ni du rétrécissement de la section par l'instrument et la main de l'opérateur. La première cause d'erreur, dont l'effet doit sensiblement augmenter avec la vitesse, nous paraît être assez négligeable lorsque la section d'entrée est notable et le volume relativement faible.

Il est de plus à observer que par l'emploi de jeux de canars à joints ordinaires, les filtrations d'air sont importantes, ce qui réduit le volume utilisé au front des travaux.

Nous tâcherons d'indiquer, autant que possible, les circonstances des expériences.

Tous les résultats sont exprimés à la seconde.

COUCHANT DE MONS.

Charbonnage de l'Agrappe. — Puits n° 2.

1865. Expériences faites par M. le directeur Bouchez et MM. les ingénieurs Gilles et Harzé.

Creusement d'un bouveau. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 121 mètres de longueur.

Volumes apparents (anémomètre). . .	à l'entrée :	$1^{m^3},255$
	à la sortie :	$0^{m^3},704$

Volumes rectifiés, en faisant concorder les résultats anémométriques avec ceux fournis par la durée du trajet d'une flambée de poudre	à l'entrée :	$0^{m3},665$
	à la sortie :	$0^{m3},507$

— Autres expériences, le même jeu de canars étant aspirant.

Volumes apparents	à l'entrée :	$0^{m3},694$
	à la sortie :	$0^{m3},641$
Volumes rectifiés, comme il est dit ci-dessus.	à l'entrée :	$0^{m3},368$
	à la sortie :	$0^{m3},461$

Ces expériences ont été entreprises alors qu'on n'exécutait à ce puits que des travaux préparatoires. (Voir notre mémoire de 1866.)

1875. Expériences par M. l'ingénieur Hubert.

Etage de 520 *mètres.* Prolongement du bouveau nord. — Deux jeux de canars soufflants.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m3},912$

Enquête sur un accident, mais non survenu dans la galerie en question (1).

1879. Expériences par M. l'ingénieur Jacquet.

Etage de 610 *mètres.* Bouveau nord au delà de la couche Grande Veine l'Evêque. — Deux jeux de canars soufflants, de $0^{m},35$ de diamètre.

Volume global à la sortie. . . . . $0^{m3},448$

Etage de 520 *mètres.* — Bouveau sud. — Un jeu de canars aspirant, de $0^{m},35$ de diamètre.

Volume apparent à l'entrée. . . . . $0^{m3},322$

Bouveau nord, au delà de la couche *Cinq Paulmes*. — Deux jeux de canars aspirants, de $0^{m},35$ de diamètre.

Volume apparent à l'entrée (à front) . . . . . $0^{m3},179$

Rapport et renseignements particuliers.

1885. Expériences par M. Bouchez.

Etage de 610 *mètres.* Bouveau en creusement. — Un jeu de canars soufflant, de $0^{m},60$ de diamètre et de 150 mètres de longueur. — Dépression aux portes : 8 millimètres d'eau.

(1) Les cubages opérés dans les divers travaux d'une mine, à la suite d'un accident, n'impliquent pas que celui-ci soit survenu là même où se sont faits les cubages.

	Volume.
1re série d'expériences. A l'éther, dans la section de la galerie	1m³,275
2e série d'expériences. A la flambée de poudre, dans la section de la galerie	1m³,125
3e série d'expériences. A l'anémomètre, à la sortie du jeu	0m³,791

On n'exécutait à ce puits que des travaux préparatoires.

Renseignements particuliers.

1865. Expériences par MM. Bouchez, Gilles et Harzé.

Montage dans la couche *Chauffournoise*. — Taille de 10 mètres de largeur, aérée par trois jeux de canars aspirants, de 0m,35 de diamètre.

Volume entrant dans l'ouvrage, mesuré dans la section de la galerie. 0m³,717

Il y avait beaucoup de gaz au pied de l'ouvrage; le montage n'était pas accessible.

Même ouvrage, les jeux de canars ayant été rendus soufflants.

Volume sortant, également mesuré comme plus haut 1m³,474

Tout l'ouvrage était devenu parfaitement accessible. (Voir notre mémoire de 1866.)

Même charbonnage. — Siège n° 3.

1880. Expériences par M. l'ingénieur Jacquet.

Deux approfondissements du puits d'exhaure.

Étage de 539 *mètres*. Approfondissement direct. — Un jeu soufflant de canars en bois, partant du puits d'extraction au dit étage et débouchant dans la ravalle. Section 0m,40 × 0m,10; longueur environ 20 mètres.

Volume apparent à l'entrée 0m³,073

Étage de 600 *mètres*. Approfondissement sous stot par le puits d'extraction. — Un jeu de canars soufflant, de 0m,35 de diamètre et de 20 mètres de longueur, partant du chargeage de 600 mètres et débouchant dans la ravalle. — Retour de l'air à l'étage de 539 mètres par un jeu aspirant de canars établi dans le puits d'extraction, de 0m,60 de diamètre.

Volume apparent à l'entrée du jeu soufflant. . . . 0m³,493

1885 (1). Expériences par M. Bouchez.

Étage de 640 *mètres*. Montage dans la couche *Chauffournoise*, en plateure. — Taille de 6 mètres de largeur, desservie par deux voies dont une servant à la sortie de l'air et à l'évacuation des produits. Cette taille se trouvait prise au dessus d'une exploitation limitée à l'amont par un dérangement qu'il a suffi de traverser en deux points voisins pour établir l'aérage. On pouvait donc aisément disposer d'une grande quantité d'air. — 3 ouvriers à veine par poste de 8 heures.

1re *série d'expériences*. A l'entrée de l'ouvrage.

a. Le passage de l'air ayant été plus ou moins rétréci.

Volume . . . . $1^{m3},750$

L'assainissement de l'ouvrage était très satisfaisant; mais la ventilation pouvait encore être augmentée sans grande gêne pour les ouvriers.

b. Le passage de l'air ayant été rendu plus libre.

Volume . . . . $2^{m3},267$

2e *série d'expériences*. A la sortie de l'ouvrage, dans la condition indiquée en *b*.

Volume . . . . $2^{m3},478$

La différence ($2^{m3},478$ — $2^{m3},267$) paraît devoir résulter des pertes d'air à travers les remblais et de l'émission du grisou.

Renseignements particuliers.

Même charbonnage. — Siège n° 5.

Expériences par M. l'ingénieur Jacquet.

1877. *Etage de* 435 *mètres*. Montage dans la couche *Grande veine l'Evêque*, en dressant incliné à 50 degrés. — Arrivée de l'air frais par le bouveau et retour par un jeu aspirant de $0^{m},60$ de diamètre. — *Disposition*. Au dessus d'une petite taille chassante, dont l'avancement était suspendu, avaient été pratiqués, par simple voie, deux montages jumeaux séparés par un massif de quelques mètres, chacun aéré par un jeu de canars soufflant, de $0^{m},30$ de diamètre. A 100 mètres de longueur, ils avaient été réunis par une petite galerie, de manière à former un circuit pour l'air et à permettre ainsi la suppression des

(1) Le retard qu'a subi l'insertion de notre mémoire dans les *Annales des travaux publics*, à cause de l'encombrement des matières, nous a permis d'ajouter quelques résultats d'expériences récentes.

canars dans les deux voies. Cette petite galerie devint le point de départ d'un nouveau montage, également par simple voie, aéré au moyen d'un jeu soufflant. Des dispositions avaient été prises pour le placement éventuel d'un second jeu. — Le jour des expériences, le front d'avancement se trouvait à 10 mètres au dessus de la petite galerie de pied.

Volume jaugé à la sortie du jeu . . . . $0^{m3},360$

1880. *Etage de 541 mètres*. Bouveau sud.—Un jeu de canars soufflant, de $0^{m},35$ de diamètre et d'environ 70 mètres de longueur. Retour du courant par la galerie, puis reprise de l'air, près des portes, par deux jeux de canars aspirants qui débouchaient dans une ancienne communication de la couche *Cinq Paulmes*.

Volume apparent, à l'entrée du jeu soufflant . . $0^{m3},280$
Volume à la sortie . . . . $0^{m3},174$

Renseignements particuliers.

Même charbonnage. — Siège n° 12.

1885. Expériences par M. l'ingénieur Marcette.

Etage de 422 mètres. Montage dans la couche Cinq Paulmes en dressant, au delà d'un dérangement. — Taille munie de deux cheminées, parvenue à 32 mètres. Au sommet, chassage à simple voie dans une plateure pour se mettre en dehors d'un dérangement. Ce chassage se trouvait aéré par deux jeux soufflants, de $0^{m},35$ de diamètre et de 8 mètres de longueur.

Volume au pied du montage . . . . $0^{m3},750$

Renseignements particuliers.

Charbonnage de Crachet-Picquery. — Puits n° 11.

1873. Expériences par M. l'ingénieur Hubert.

Etage de 290 mètres. Enfoncement d'un touret en roche. — Un jeu de canars soufflant, établi dans le bouveau de retour au niveau de 245 mètres, prenait l'air au puits d'extraction et débouchait dans le touret. Diamètre $0^{m},35$; développement 200 mètres.

Volume apparent à l'entrée. . . . . . . $0^{m3},095$

Etage de 320 mètres. Enfoncement sous stot du puits d'extraction.— Un jeu de canars soufflant.

Volume apparent à l'entrée. . . . . $0^{m^3},436$

Chassage au couchant dans la couche Désirée. — Un jeu de canars soufflant. Retour de la ventilation par la galerie et reprise de l'air par un jeu aspirant qui débouchait dans un touret.

Volume apparent à l'entrée. . . . . $0^{m^3},467$

Chassage dans la couche Angleuse. — Deux jeux de canars soufflants.

Volume apparent à l'entrée. . . . . $0^{m^3},609$

Enquête sur un accident.

Charbonnage de la Grande Veine du Bois de Saint-Ghislain. — Puits n° 3.

Expériences par MM. les ingénieurs Ern. De Jaer et Marcette.

1880. *Etage de* 635 *mètres.* — Bouveau sud de 280 mètres de longueur.

Avancement suspendu à proximité d'une couche. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,33$ de diamètre.

Volume apparent à l'entrée . . . . $1^{m^3},468$ (1)

Etage de 675 *mètres.* Bouveau nord. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,33$ de diamètre et de 150 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m^3},628$

Enquête sur un accident.

Même charbonnage et même puits.

Expériences par M. l'ingénieur Marcette.

1882. *Etage de* 635 *mètres.* Prolongement du bouveau sud. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 282 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m^3},704$

Etage de 723 *mètres.* Bouveau nord. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 125 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . $1^{m^3},189$

Montage dans la couche *Grande Chevalière.* — Taille. — Air conduit au pied du montage par un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 348 mètres de longueur.

(1) Probablement beaucoup de fuites. (Note de l'auteur).

Volume d'air apparent à l'entrée du jeu de canars. $0^{m^3},962$

La dépression produite par le ventilateur était à la surface de 70 millimètres d'eau; elle se trouvait être respectivement de 42 et de 51 millimètres aux étages de 635 et de 723 mètres.

Renseignements particuliers.

Charbonnage du Grand Bouillon du Bois de Saint-Ghislain. — Puits n° 1.

1882. Expériences par le même.

Etage de 606 *mètres.* Dépression à la surface, 40 millimètres; au fond, 12 à 13 millimètres.

Prolongement de la bacnure sud.— Un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 200 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m^3},290$

Ce volume a été considéré comme insuffisant.

Charbonnage du Grand Buisson. — Puits n° 2.

1881. Deux séries d'expériences à deux jours d'intervalle : la première par MM. L. Legrand et Ph. Géronnez, sous-ingénieur et conducteur du charbonnage; la seconde par MM. les ingénieurs Ern. De Jaer et Orman.

Etage de 620 *mètres.* Enfoncement de puits d'extraction, sous stot. — Deux jeux de canars soufflants, de $0^m,35$ de diamètre et de 65 mètres de développement.

	1re série.	2e série.
Volume apparent à l'entrée . . .	$0^{m^3},768$	$0^{m^3},636$

Même étage. Creusement d'un bouveau nord. — Un jeu de canars aspirant, de $0^m,35$ de diamètre et de 151 mètres de développement.

	1re série.	2e série.
Volume à la sortie.	$0^{m^3},429$	$0^{m^3},326$

Etage de 660 *mètres.* Creusement d'un bouveau nord. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,35$ de diamètre et de 109 mètres de développement. Ce jeu partait de l'étage de 620 mètres.

	1re série.	2e série.
Volume apparent à l'entrée . . .	$0^{m^3},733$	$0^{m^3},606$

Niveau de 669 *mètres*. Agrandissement de *burguets*. — Un jeu de canars soufflant, de $0^{m},35$ de diamètre et de 201 mètres de développement. Ce jeu prenait l'air au niveau de 560 mètres.

	1re série.	2e série.
Volume apparent à l'entrée . . .	$0^{m3},419$	$0^{m3},512$

Le puits d'aérage avait été directement approfondi jusqu'au niveau de 673 mètres.

Enquête sur un accident et renseignements particuliers.

Charbonnages divers de la région Ouest du Couchant de Mons.

Résumé d'un ensemble d'expériences dirigées par M. l'ingénieur Ern. De Jaer.

Bouveaux. — 300 à 500 litres d'air par seconde. Parfois 200 litres.

Montages, par taille. — 700 à 1,200 litres.

CENTRE.

Charbonnage d'Anderlues. — Puits n° 3.

1880. — Expériences par M. l'ingénieur Faly.

Etage de 370 *mètres*. Creusement d'un bouveau sud. — Un jeu de canars soufflant, de $0^{m},40$ de diamètre.

Volume à la sortie[1] . . . . $0^{m3},415$

Enquête sur un acccident.

CHARLEROI.

Charbonnage du Grand-Mambourg. — Siège Résolu.

1885. — Expériences par M. l'ingénieur Plumier.

Etage de 420 *mètres*. Creusement d'un bouveau d'aérage. — Un jeu de canars soufflant, de $0^{m},40$ de diamètre moyen et de 310 mètres de longueur. Trois coudes arrondis.

1re *série d'expériences*. — Entrée du jeu soufflant; diamètre $0^{m},50$.

Volume apparent accusé par l'anémomètre placé à	$0^{m},02$ à l'intéreur .	$0^{m3},650$
	$0^{m},50$ id. . .	$0,^{m3}689$

Sortie du jeu soufflant ; diamètre $0^{m},40$.

Volume accusé par l'anémomètre, placé à $0^{m},02$ à l'intérieur, $0^{m3},437$.

Les joints, qui se présentaient tous les 2m,10, étaient plaqués soigneusement par un lut composé comme suit :

Chaux coulée	3 parties.
Mortier passé	3 »
Suif	1 »
Poils	2 »

2e *série d'expériences faites trois jours après les précédentes.*

Entrée du jeu. — Volume apparent accusé par l'anémomètre, placé à 0m,50 à l'intérieur . .	0m3,713
Sortie du jeu. — Volume accusé par le même instrument	0m3,373
Volume *moyen*, obtenu par une flambée de poudre.	0m3,431

Ces résultats accusent des fuites plus grandes que dans la 1re série d'expériences.

Même étage. Creusement d'un bouveau montant à travers un dérangement et faisant suite à un montage dans la couche *Cinq-Paulmes.* — Un jeu de canars soufflant, de près de 0m,40 de diamètre moyen et de 278 mètres de longueur. Trois coudes à angle droit et un arrondi.

Entrée du jeu. — Volume apparent accusé par l'anémomètre	0m3,636
Sortie du jeu. — Volume accusé par le même instrument.	0m3,242
Volume *moyen* obtenu par une flambée de poudre.	0m3,268

Renseignements particuliers.

Charbonnages réunis de Charleroi. — Siège n° 12.

1885. Expériences par M. l'ingénieur Plumier.

Etage de 472 *mètres.* Montage dans la couche *Crève-Cœur* en plateure, inclinée à 20 degrés. — Taille de 10 mètres de largeur, dont le retour de l'air se faisait par deux jeux de canars aspirants, de 0m,40 et de 0m,42 de diamètre, offrant chacun un développement d'environ 120 mètres. Trois coudes arrondis.

Entrée au pied du montage. — Volume apparent accusé par l'anémomètre	1er tuyau.	0m3,300
	2e tuyau.	0m3,240
	Ensemble. . .	0m3,540

Sortie près du puits d'aérage. — Volume accusé par le même instrument.	1er tuyau.	$0^{m3},391$
	2e tuyau.	$0^{m3},296$
	Ensemble. . .	$0^{m3},687$

La différence s'explique par les rentrées d'air. En réalité nous la croyons plus grande, la contraction de l'air à son entrée dans les jeux aspirants ayant eu pour effet de donner des résultats trop forts.

L'ouvrage était occupé par quatre ouvriers à veine, un chargeur et un hiercheur.

Bien que la quantité d'air au front d'avancement fût naturellement moindre qu'au pied de l'ouvrage, tout le montage était bien assaini.

Volume moyen dans le 2e tuyau, obtenu par le parcours d'une bouffée de vapeurs d'éther acétique. . . . . $0^{m3},277$

Même étage. Montage dans la couche *Broze*, en plateure, inclinée à 20 degrés. — Taille de 10 mètres de largeur, dont le retour de l'air se faisait par un jeu de canars aspirant, de $0^m,42$ de diamètre.

Sortie. — Volume d'air au débouché du jeu, mesuré à l'anémomètre . . . . $0^{m3},428$

Entrée. — Estimation, en admettant 25 p. % de rentrées. . . . . $0^{m3},321$

Renseignements particuliers.

LIÈGE.

A. — Rive gauche de la Meuse.

Charbonnage du Horloz. — Création ou avaleresse du siège de Tilleur. 1872. Expériences par M. l'ingénieur Harzé.

Niveau de 230 mètres. Ouverture de deux bacnures ; l'une nord, vers l'emplacement du second puits, l'autre sud en reconnaissance. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,40$ de diamètre, partant de la surface et se bifurquant au niveau de 230 mètres en deux conduites, de diamètre moindre. — Aérage soufflant activé par un ventilateur Lesoinne à bras, établi à la surface, en attendant l'achèvement d'un appareil de même genre à vapeur.

		Volume.
Bacnure nord. — Sortie de l'air.	. . . . .	0^{m3},035
Bacnure sud. Id.	. . . . . .	0^{m3},078

Aérage jugé insuffisant, bien que le grisou ne se décelait pas à la flamme des lampes.

Même charbonnage. — Siège de Tilleur en exploitation.

Expériences par le même.

1876. *Etage de 281 mètres.* — Amontement par simple voie, dans la couche *Hippolyte.*— Un jeu de canars soufflant, de 0^m,40 de diamètre, partant du niveau de 230 mètres, descendant le puits d'aérage (le seul à profondeur) et débouchant derrière une porte à l'étage de 281 mètres. — Air repris par un ventilateur à bras et foulé dans l'amontement par un jeu de canars. La couche était inclinée à 40° et le front devait atteindre, à une hauteur verticale de 40 mètres, une *descenderie* creusée de l'étage de 230 mètres.

Volume apparent, à l'entrée de la colonne au niveau de 230 mètres	0^{m3},600
Volume débouchant à l'étage de 281 mètres, au ventilateur à bras	0^{m3},200

1877. *Même étage.* Chassage dans une couche atteinte par un bouxtay montant, dont la base se trouvait vers l'extrémité de la bacnure nord. — Aérage produit par un jet d'air foulé à la surface à deux atmosphères par le compresseur de la perforation mécanique (1).

Volume au front. — Estimation d'après la marche du compresseur	0^{m3},170

Un peu de grisou se dénotait dans la galerie, mais non au front.

Il est à remarquer que le creusement de la bacnure nord et celui du bouxtay avaient été exécutés en faisant usage des mêmes moyens de ventilation. Nous ajouterons cependant que pour le prolongement de la bacnure et le creusement ultérieur d'un second bouxtay montant, l'aérage fut déterminé par un jeu de canars soufflant, avec Koerting à jet d'air comprimé.

1878. *Niveau de 230 mètres.* Prolongement de la bacnure d'aérage

(1) C'est sensiblement, mais dans des conditions insuffisantes et onéreuses, le système que nous préconisons.

sud vers la couche Houlleux. — Aérage produit par la dépense de quatre perforatrices *François et Dubois* et par l'air que l'on laissait échapper du dernier joint de la conduite à air comprimé.

Volume (estimation) . . . . 0^{m3},118

Il y a lieu d'ajouter qu'un peu avant le tir des mines, on augmentait le volume par une *purge* d'air comprimé.

Charbonnage de Baldaz-Lalore. — Siège Beco.

1879. Expériences par M. l'ingénieur Roberti-Lintermans.

Etage de 269 *mètres*. Amontement par simple voie dans la couche *Harbote* en droit, inclinée à 80 degrés et de 0^{m},52 de puissance. — Longueur exécutée du travail : 14 mètres.—Un jeu de canars soufflant, de 0^{m},275 de diamètre et de 335 mètres de développement.

Volume apparent à l'entrée. . . . . 0^{m3},103
Volume à la sortie, dans l'amontement . . . . 0^{m3},057

Renseignements particuliers.

Charbonnage des Kessales. — Siège des Kessales.

1879. Expériences par le même.

Etage de 330 *mètres*. Amontement par simple voie dans la couche *Grande-Veine* en dressant, inclinée à 80 degrés et de 0^{m},75 de puissance. — Longueur exécutée du travail : 15 mètres. — Un jeu de canars soufflant, de 0^{m},30 de diamètre et de 314 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . 0^{m3},295
Volume à la sortie, dans l'amontement . . . . 0^{m3},085

Charbonnage de la Haye. — Siège de Saint-Gilles.

1884. Expériences par le même.

Approfondissement du puits d'aérage sous l'étage de 518 mètres. — Un jeu de canars soufflant, de 0^{m},30 de diamètre et de 90 mètres de développement.

Volume apparent à l'entrée. . . . . 0^{m3},305
Volume à la sortie . . . . 0^{m3},200

Renseignements particuliers.

B. — **Rive droite de la Meuse. — Seraing.**

Charbonnage de Marihaye. — Siège Pierre-Denis.

1885. Expériences par M. l'ingénieur Minsier.

Etage de 512 *mètres.* Bacnure en creusement (à la bosseyeuse François et Dubois) au sommet d'un amontement qui avait été pratiqué dans le plat de la couche *Castagnette.* — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,195$ de diamètre et de 400 mètres de développement. Joints boulonnés. — Deux Koerting à air comprimé, insérés dans la conduite.

Volume apparent à l'entrée. . . . . $0^{m3},092$

Au volume sortant s'ajoutaient 15 à 20 litres d'air ayant travaillé dans la bosseyeuse.

Même étage. Chassage dans la couche *Wicha.* — Un jeu soufflant, de $0^m,43$ de diamètre et de 48 mètres de longueur. — Un jet d'air comprimé dans la conduite, mais sans Koerting.

1re série d'expériences. Robinet du jet, à moitié ouvert.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},245$

2e série d'expériences. Robinet du jet, entièrement ouvert.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},260$

D'où un gain insignifiant, ne dépassant guère l'accroissement de dépense en air comprimé.

Même étage. Amontement en stappes (remblais) dans le dressant de la couche *Houlleux.* Hauteur de l'ouvrage 19 mètres. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,26$ de diamètre, avec un simple jet d'air comprimé (sans Koerting). — Tuyaux à emboîtement non luté.

Volume apparent, à l'entrée . . . . $0^{m3},270$
Volume à la sortie . . . . $0^{m3},117$

Même charbonnage. — Siège du Many (de l'Espérance).

1885. Expériences par le même.

Etage de 210 *mètres.* Bacnure vers un dressant de la couche *Stenaye.* — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,195$ de diamètre, avec un Koerting à air comprimé.

Volume débité à la sortie: $0^{m3},074$, auquel s'ajoutaient 15 à 20 litres

d'air ayant travaillé dans une bosseyeuse mécanique. — D'où un volume total de 89 à 94 litres.

L'assainissement paraissait très satisfaisant.

Même étage. Autre bacnure qui devait atteindre un dressant de la couche *Mal-Garnie.* — Egalement un jeu de canars soufflant, de $0^m,195$ de diamètre, avec Koerting à air comprimé.

Volume débité à la sortie, $0^{m3},102$ auquel s'ajoutaient 15 à 20 litres d'air provenant de la bosseyeuse.

On se disposait à faire un amontement dans la dite couche, qui se présentait en massifs et remblais, avec l'air fourni par le jeu soufflant dont il vient d'être question; cet amontement devait atteindre une hauteur verticale d'environ 35 mètres.

Il est à noter que ces bacnures se faisaient comme au siège Pierre Denis, sans emploi de la poudre.

Renseignements particuliers.

Charbonnage des Six-Bonniers.

1885. Expériences par M. le directeur B. Souheur.

Bacnures diverses. — Terrains réputés grisouteux.

Volume ordinaire, au front. . . . . $0^{m3},145$

Dans certains cas, la présence des soufflards a forcé la direction à remplacer le travail à la poudre par celui de la bosseyeuse François et Dubois.

Avalement dans la couche Castagnette. Volume d'air, $0^{m3},078$

Les communications en veine se font autant que possible par *avalement.* Les amontements ne sont pratiqués que très exceptionnellement.

Renseignements particuliers.

C. — Région des plateaux de Herve.

Charbonnages généralement peu grisouteux. — Expériences par M. l'ingénieur Libert. (Renseignements particuliers.)

Charbonnage de Herve-Wergifosse. — Siège des Xhawin.

1877. *Etage de 127 mètres.* Bacnure nord. — Un jeu de canars aspirant, de $0^m,29$ de diamètre.

Volume apparent à l'entrée (au front) . . . . $0^{m3},095$

Charbonnage des Steppes. — Siège de Soxhluse.

1878. *Etage de 267 mètres.* Ouverture d'une bacnure nord. — Un jeu de canars soufflant dans le puits, de 0m,30 de diamètre et de 100 mètres de développement.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m3},410$

Approfondissement du puits d'extraction. — Un jeu de canars soufflant, de 0m,30 de diamètre.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m3},447$

Charbonnage des Onhons. — Siège des Onhons.

1879. *Etage de 225 mètres.* Bacnure principale. — Un jeu de canars aspirant, de 0m,30 de diamètre et de 33 mètres de longueur; ce jeu débouchait dans un royon d'appel en maçonnerie établi sur 40 mètres de hauteur du puits.

Volume apparent à l'entrée (au front) . . . . $0^{m3},035$

Charbonnage de Saint-Hadelin. — Avaleresse de recherche, près de Soumagne.

1879. *Niveau de* 340 *mètres.* Bacnure nord. — Un jeu de canars soufflant, de 0m,30 de diamètre et de 172 mètres de longueur.

Volume à la sortie (à front) . . . . $0^{m3},089$

Bacnure sud. — Un jeu de canars soufflant, de 0m,30 de diamètre et de 40 mètres de longueur.

Volume à la sortie (à front) . . . . $0^{m3},271$

Charbonnage de Wérister. — Siège de ce nom.

1880. *Etage de* 360 *mètres.* Bacnure sud. — Un jeu de canars aspirant, de 0m,30 de diamètre; de 10 mètres de développement dans la galerie et de 170 mètres dans le puits d'aérage.

Volume à l'entrée (près du front) . . . . . . $0^{m3},100$

Il a été signalé un arrêt accidentel au ventilateur de la surface pendant la durée des expériences effectuées en divers points de cette mine.

Charbonnage de Trou-Souris.

1881. *Niveau du canal.* Bacnure nord, de recherche. — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,20$ de diamètre et de 275 mètres de longueur.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},039$

Chassage de reconnaissance dans la couche *Poignée d'or.* — Un jeu de canars soufflant, de $0^m,20$ de diamètre et de 200 mètres de longueur.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},055$

Charbonnage de la Chartreuse. — Siège de Robermont.

1882. *Etage de 234 mètres.* Bacnure sud, de recherche. — Un jeu de canars soufflant, de 480 mètres de longueur.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},050$

Etage de 600 mètres. Bacnure sud de recherche. — Un jeu de canars soufflant, partant de l'étage de 234 mètres et se poursuivant dans la galerie sur 22 mètres de longueur. Développement total, près de 400 mètres.

Volume apparent à l'entrée (étage de 234 mètres). $1^{m3},061$
Volume à la sortie (étage de 600 mètres) . . . $0^{m3},085$

Charbonnage des Quatre-Jean.

1885. Bacnure. — Un jeu soufflant de canars en bois, d'une section de $0^m,24 \times 0^m,24$ et de 30 mètres de longueur.

Volume à la sortie . . . . $0^{m3},129$

Charbonnage de Micheroux.

1885. Bacnure. — Deux jeux de canars soufflants, de $0^m,30$ de diamètre et de 140 mètres de longueur.

Volume apparent à l'entrée . . . . $0^{m3},382$
Volume à la sortie . . . . $0^{m3},190$

ANNEXE III.

NOTE SUR LES KOERTING.

L'emploi des Koerting dans les mines belges date de 1871. C'est M. de Keyser, ingénieur-directeur du charbonnage de Gosson-Lagasse, qui en fit d'abord usage.

Nous croyons ces appareils trop connus pour les décrire de nouveau (1). — Les Koerting de grand format et à jet de vapeur sont employés à demeure fixe, comme appareils usuels d'aérage ou comme engins de secours. Les plus petits dans lesquels l'ingénieur précité a eu le premier, pensons-nous, l'heureuse idée de remplacer la vapeur par l'air comprimé, servent avec succès à l'aérage des travaux préparatoires.

On a reproché à ces appareils la faiblesse de leur rendement utile. Le reproche est fondé; mais on est tombé à ce sujet dans l'exagération. C'est ce que nous allons établir par les résultats d'assez nombreuses expériences faites tant sur des Koerting à vapeur de grand format que sur de petits appareils fonctionnant par l'air comprimé à l'intérieur des travaux.

Expériences faites en 1875 au puits n° 2 du charbonnage de Gosson-Lagasse par MM. de Keyser, V. Thiry et Harzé

Le tableau suivant indique les résultats constatés à cette mine. Il est à noter que, le Koerting étant installé dans la verticale du puits, l'anémomètre dût être présenté horizontalement au courant d'air. Cette

(1) Voir d'ailleurs notre note dans la *Revue universelle des mines*, année 1875, tome XXVII.

circonstance a pu fausser légèrement les résultats. En effet, l'air, par son mouvement ascensionnel, tendait à annuler le poids de la roue à ailettes, alors que la formule présente une *constante* pour exprimer la résistance de l'instrument au mouvement.

N° des expériences.	Pression du jet de vapeur.	Dépressions.	Vitesse de l'air.	Volume d'air.	Travail réalisé.	Dépression, le puits obturé.	Charbon consommé par heure.		
							Brut.	Cendres.	Net.
	Atmosph.	Mill. d'eau.	Mètres.	Mèt. cubes.	Chevaux.	Mill. d'eau.	Kil.	Kil.	Kil.
1	1	13 1/2	2,06	4,94	0,89	27	43	8	35
2	1 1/2	19	2,53	6,07	1,54	38	73	14	59
3	2	23	2,87	6,88	2,11	46	92	15	77
4	2 1/2	27 1/2	»	»	»	56	»	»	»
5	2,65	29 1/2	(2) 3,24	7,78	3,06	»	110	18	92
6	3	32 1/2	3,37	8,09	3,51	65	»	»	»

Observations. — Diamètre du puits, $1^m,75$. — Durée de chacun des essais sur la consommation de charbon : 6 heures. — A la vitesse ascensionnelle de $3^m,24$, il devenait difficile de maintenir allumée la lampe Mueseler.

Examinons ces résultats, et d'abord la cinquième expérience qui a donné un volume de $7^{m3},78$ à la seconde, pour une dépression de 29 1/2 millimètres d'eau.

Dans l'hypothèse d'un même effet à produire par un ventilateur à force centrifuge du système Guibal, nous ne pensons pas, vu le faible *tempérament* de la mine à laquelle on avait affaire, que le rendement de ce dernier appareil eût été supérieur à 30 p. % (1). Le travail de la vapeur dans le cylindre n'eût donc pas été de moins de $\frac{3.06}{0.30}$ = 10 chevaux.

(1) Le rendement de l'appareil Guibal décroît sensiblement avec l'effet à produire et la valeur du *tempérament* de la mine $\left(\frac{Q^2}{h}\right)$.

Recherchant dans le traité *De la ventilation des mines* par M. Devillez, les expériences dont les résultats se rapprochent le plus de ceux de l'expérience en question, nous trouvons :

	Dépression	Volume	Rendement
	Millim.	Mèt. cub.	
Ventilateur de Crachet-Picquery (7 mèt. de diam.).	34	10.280	0.307
Ventilateur de La Louvière (9 mèt. de diam.) . .	30	11.107	0,32

soit des rendements dépassant un peu 30 p. %, pour des tempéraments supérieurs à celui du siège n° 2 du Gosson.

Or, en admettant une consommation de $2^k,5$ de charbon *net* par cheval-vapeur et par heure, la consommation pendant ce laps de temps, pour mouvoir l'appareil, eût atteint 28 kilogrammes. — Elle a été de 92 kilogrammes en employant le Koerting, soit 3 6/10 fois l'estimation précédente.

Ce résultat se trouve, à peu de chose près, confirmé par les observations directes de M. l'ingénieur Bustin, ancien directeur-gérant du charbonnage des Sars-Berleur près de Liège, sur la marche d'un ventilateur Guibal et d'un Koerting installés à cette mine.

En voici le résumé :

a. Marche du ventilateur Guibal, de 7 mètres de diamètre, attelé par une courroie au moteur à vapeur :

Dépression en eau	$0^m,023$
Volume d'air.	$10^{m3},34$

b. Marche du Koerting pendant plusieurs heures dans les conditions ci-dessus.

Le résultat final a été celui-ci : La consommation de charbon au Koerting a été 3 2/10 fois celle au Guibal. — Il est à remarquer que le tempérament de la mine était ici supérieur à celui du siège n° 2 du Gosson.

En prenant dans la série des expériences faites au charbonnage des Sars-Berleur lors d'un concours de chauffeurs (1), celles dont les circonstances se rapprochent le plus des conditions ci-dessus, on constate que le rendement du ventilateur a été en moyenne de 36 p. °/₀.

De ce qui précède, il résulte que, dans les conditions d'aérage des mines de Gosson et des Sars-Berleur, le rendement *relatif* du Koerting peut être respectivement estimé à $\frac{30}{3.6}$ et à $\frac{36}{3.2}$ p. °/₀, soit donc à 8.3 et à 10.9 p. °/₀.

C'est peu évidemment. Mais chaque fois qu'il ne s'agira que de faibles effets mécaniques à produire, le surplus de combustible qu'exige le Koerting perd de son importance à côté des nombreux avantages que présentent la simplicité de l'appareil et sa grande facilité d'emploi.

Quant à l'action des Koerting marchant à l'air comprimé pour la ventilation des travaux préparatoires, nous allons pour l'apprécier passer

(1) *Revue universelle des mines, etc* — Année 1877. Tome II. 2ᵉ série.

en revue un certain nombre d'expériences qu'ont bien voulu diriger. suivant nos indications, MM. Schorn à Marihaye, J. Charlier et J. Lambert au Horloz, De Keyser et V. Thiry au Gosson.

Plusieurs d'entre elles datent de fin 1879; d'autres, plus récentes, sont aussi plus complètes. Sans suffire à donner les éléments de calcul de l'effet de ces appareils, elles permettent néanmoins de montrer les ressources qu'ils offrent dans certaines circonstances.

Ce que nous avons surtout cherché, c'est d'établir le rapport du volume d'air entraîné au volume dépensé d'air comprimé, celui-ci étant ramené à la pression ordinaire.

Ces diverses expériences ont été les unes *manométriques*, d'autres *anémométriques*; d'autres enfin, que nous nommerons *chronométriques*, ont consisté à compter la durée du trajet d'une bouffée odorante (flambée de poudre ou vapeur d'éther acétique) introduite dans le courant d'air.

Pratiquées sur des conduites de petite section (canars), elles ont dû subir l'influence des causes d'erreurs que nous allons analyser.

a. La vitesse de l'air, dans une conduite de ce genre, étant généralement grande, il se produit de l'extérieur à l'intérieur un effet d'entraînement ou de succion qui altère les indications du manomètre, à moins que l'extrémité du tube manométrique exposée au courant ne soit munie de certain appendice (1).

b. L'air, en s'engouffrant dans la conduite subit, à son entrée, une contraction notable (pl. I, figure 4). Aussi conçoit-on que la vitesse de l'air, mesurée à l'anémomètre placé à l'axe de la conduite et multipliée par la section, donne un résultat de beaucoup trop fort. Nous avions déjà signalé l'écueil d'un tel calcul dans notre mémoire de 1866. Il est vrai que l'écart numérique en question diminue sensiblement quand le diamètre de l'anémomètre se rapproche de celui de l'entrée de la conduite. Mais alors intervient une autre cause d'erreurs (de moindre influence toutefois) résultant de ce que les dimensions de l'instrument restreignent d'autant la section libre.

Cette seconde cause d'erreur agit seule à la sortie, les filets d'air s'échappant parallèlement; et l'on peut éliminer une part de son

(1) Voir le traité *De la chaleur* de M. Devillez, tome I[er], page 387. On arriverait au résultat en vue, fait observer l'auteur, en évitant de pousser l'extrémité du tube au delà de la paroi interne de la conduite.

influence en déduisant de la section de la conduite la surface des parties fixes de l'anémomètre.

c. La méthode dite *chronométrique* est ici de beaucoup la plus sûre. Remarquons cependant qu'elle donne, non le volume d'air débité, mais le volume moyen circulant dans toute la conduite. Ce volume moyen diffère d'autant plus du volume entrant et du volume sortant que les filtrations d'air par les joints sont considérables.

L'importance de celles-ci dépend de la différence des tensions et de la nature des joints.

Inutile, pensons-nous, d'entrer dans le détail des expériences. Nous ajouterons seulement que les dépenses en air comprimé déterminées par l'anémomètre, ont été jaugées à la sortie des conduites, l'entrée obturée par un tampon. — Pour les dépenses *calculées*, nous avons eu recours à la formule :

$$V = 0.93\, S \sqrt{2gh\frac{d'}{d}}.$$

V, volume par seconde ;
S, section d'écoulement ;
h, hauteur manométrique ;
d, densité du liquide du manomètre ;
d', densité de l'air à la pression h.

Le volume V a été ensuite ramené à la pression atmosphérique.

Les trois tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

Expériences au charbonnage de Marihaye, par M. Schorn (1884).

CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES. (Voir planche I, figure 5).	KOERTING dans la conduite mais sans fonctionner.	KOERTING FONCTIONNANT aux pressions effectives de 2 atmosphères.	KOERTING FONCTIONNANT aux pressions effectives de 3 atmosphères.	KOERTING enlevé. — Conduite libre.
Longueur de la conduite, en deçà du Koerting (comprenant un coude d'un quart de cercle) . . . . 11m,00 / Longueur du Koerting et de ses raccordements . . . . 2m,26 / Longueur de la conduite, au delà du Koerting. — Joints en caoutchouc 34m,50	48m	48m	48m	48m
Diamètre moyen, le même qu'à l'entrée et qu'à la sortie	0m,195	0m,195	0m,195	0m,195
Section correspondante à ce diamètre	0^{m^2},0299	0^{m^2},0299	0^{m^2},0299	0^{m^2},0299
Section, déduction faite des parties fixes de l'anémomètre (0^{m^2},0299-0^{m^2},0046).	0^{m^2},0253	0^{m^2},0253	0^{m^2},0253	0^{m^2},0253
A. — *Première série* (Août 1884).				
Pression + ou dépression — (en eau) : totale aux deux portes (du dehors au dedans) . .	+ 1mm	+ 1mm	+ 1mm	»
Pression + ou dépression — (en eau) : dans la conduite : un peu en deçà du Koerting. .	+ 0mm,5	— 6mm,5	— 7mm	»
Pression + ou dépression — (en eau) : dans la conduite : un peu au delà	0mm	+ 13mm,8	+ 19mm	»
Différence des tensions, d'une extrémité à l'autre du Koerting . .	0mm,5	20mm,3	26mm	»
Vitesse de l'air, mesurée à l'anémomètre : à l'entrée	0m,88	6m,15	6m,75	»
Vitesse de l'air, mesurée à l'anémomètre : à la sortie . . .	0m,88	5m,92	6m,40	»
Volume (résultats anémométriques) : à l'entrée	0^{m^3},0222	0^{m^3},1550	0^{m^3},1701	»
Volume (résultats anémométriques) : à la sortie	0^{m^3},222	0^{m^3},1482	0^{m^3},1612	»

Durée du trajet d'une bouffée de vapeur d'éther acétique	67″	11″,25	10″	»
Et vitesse moyenne obtenue	$0^m,72$	$4^m,27$	$4^m,80$	»
Volume moyen correspondant	$0^{m^3},0215$	$0^{m^3},1277$	$0^{m^3},1445$	»
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère. — calculée d'après la formule; diam. du jet = 4 millimètres	»	$0^{m^3},0112$	$0^{m^3},0159$	»
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère. — mesurée à l'anémomètre	»	$0^{m^3},0161$	$0^{m^3},0197$	»

Observations. — Les volumes fournis par les expériences anémométriques à l'entrée de la conduite se trouvaient faussés par l'effet de la contraction. En réalité, on eût dû trouver moins à l'entrée qu'à la sortie, puisqu'ici les joints en caoutchouc réduisaient notablement les fuites, s'ils ne les annulaient pas, et que les volumes sortants comprenaient, outre l'air entraîné, l'air comprimé dépensé. Néanmoins, les résultats anémométriques et chronométriques sont assez concordants. A ce propos, il est à remarquer que le diamètre de l'anémomètre ($0^m,17$) n'était pas très différent de celui de la conduite.

B. — *Seconde série* (Septembre 1884).

Pression + ou dépression — (en eau) — totale aux deux portes (du dehors au dedans)	$+ 1^{mm},5$	$+ 0^{mm},8$	$+ 0^{mm},6$	$+ 1^{mm},1$
Pression + ou dépression — (en eau) — dans la conduite — un peu en deçà du Koerting	$+ 1^{mm},0$	$- 5^{mm},5$	$- 8^{mm},6$	$+ 0^{mm},7$
Pression + ou dépression — (en eau) — dans la conduite — un peu au delà	$+ 0^{mm},6$	$+ 13^{mm},8$	$+ 21^{mm},0$	»
Différence des tensions, d'une extrémité à l'autre du Koerting	$1^{mm},6$	$19^{mm},3$	$29^{mm},6$	»
Durée du trajet d'une bouffée de vapeur d'éther acétique	61″,0	12″,6	10″,3	48″,2
Et vitesse moyenne obtenue	$0^m,79$	$3^m,81$	$4^m,66$	$1^m,00$
Volume moyen correspondant	$0^{m^3},0236$	$0^{m^3},1139$	$0^{m^3},1393$	$0^{m^3},0299$
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère. — calculée; diam. du jet = 4 millim.	»	$0^{m^3},0112$	$0^{m^3},0159$	»
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère. — mesurée à l'aném., lors de la 1re série.	»	$0^{m^3},0161$	$0^{m^3},0197$	»

Observations. — Pour l'évaluation de la dépense en air comprimé, l'emploi de la formule d'écoulement des gaz nous paraît donner ici des volumes plus exacts que la méthode anémométrique. Ces résultats sont comparés aux volumes globaux fournis par la méthode chronométrique.

En nous tenant à cette 2me série d'expériences, la moins favorable comme résultats, on voit qu'avec la conduite libre, le volume moyen de l'air était de 29.9 litres à la seconde; qu'après le Koerting placé, le volume s'est réduit à 23.6 litres; qu'en y dépensant 11.2 litres d'air comprimé à 2 atm., mais évalué à 1, le volume utile est devenu 113.9 litres, soit 2.77 fois (2.99 + 11.2); et qu'en y dépensant 15.9 litres d'air comprimé à 3 atm., évalué également à 1, il s'est accru à 130.3 litres, soit 3.04 fois (29.9 + 15.9).

Les pressions et les dépressions en eau ont été prises au moyen d'un manomètre multiplicateur.

Expériences au charbonnage du Horloz.

CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.	KOERTING dans la conduite mais sans fonctionner.	KOERTING FONCTIONNANT aux pressions effectives de 2 atmosphères.	KOERTING FONCTIONNANT aux pressions effectives de 3 atmosphères.	KOERTING enlevé. — Conduite libre.
A. — *Expériences faites fin* 1879, par M. J. LAMBERT.				
Longueur de la conduite, y compris le Koerting. — Joints suiffés .	»	25m	»	»
Diamètre moyen de la conduite	»	0m,315	»	»
Diamètre à la sortie	»	0m,30	»	»
Section correspondante à ce dernier diamètre.	»	0m²,0707	»	»
Section correspondante, déduction faite des parties fixes de l'anémomètre (0m²,0707-0m²,0046)	»	0m²,0601	»	»
Pression au manomètre à eau placé sur la conduite, à 3m,80 au delà du Koerting	»	38mm	»	»
Vitesse de l'air à la sortie, mesurée à l'anémomètre	»	7m,333	»	»
Volume correspondant à cette vitesse	»	0m³,485	»	»
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère et mesurée à l'anémomètre	»	0m³,050	»	»
B. — *Expériences faites en* 1884. — Résultats fournis par M. G. CHARLIER. (Voir planche I, figure 6).				
Longueur de la conduite, y compris le Koerting — Joints suiffés et un coude de 78 centimètres	35m,70	35m,70	35m,70	35m,70
Diamètre moyen	0m,30	0m,30	0m,30	0m,30
Section correspondante	0m²,0707	0m²,0707	0m²,0707	0m²,0707

Diamètre	à l'entrée	$0^m,31$	$0^m,31$	$0^m,31$	$0^m,31$
	à la sortie	$0^m,28$	$0^m,28$	$0^m,28$	$0^m,28$
Section	à l'entrée	$0^{m^2},0755$	$0^{m^2},0755$	$0^{m^2},0755$	$0^{m^2},0755$
	à la sortie	$0^{m^2},0616$	$0^{m^2},0616$	$0^{m^2},0616$	$0^{m^2},0616$
Section, déduction faite des parties fixes de l'anémomètre	à l'entrée	$0^{m^2},0709$	$0^{m^2},0709$	$0^{m^2},0709$	$0^{m^2},0709$
	à la sortie	$0^{m^2},0570$	$0^{m^2},0570$	$0^{m^2},0570$	$0^{m^2},0570$
Pression + ou dépression — (eau)	à la porte d'aérage; mesurée du dedans en dehors, mais considérée en sens contraire.	$+ 7^{mm}$	$+ 3^{mm}$	$+ 2^{mm}$	$+ 9^{mm}$
	un peu au delà du Koerting	0^{mm}	$+ 10^{mm}$	$+ 15^{mm}$	$+ 2^{mm}$

Observation. — Les résultats inscrits à la précédente ligne paraissent trop faibles. Il semble que ces résultats aient été faussés par la vitesse du courant d'air effleurant le tube manométrique.

Vitesse accusée par l'anémomètre	à l'entrée	$4^m,00$	$8^m,30$	$10^m,78$	$2^m,69$
	à la sortie	$3^m,16$	$6^m,94$	$8^m,52$	$4^m,30$
Volume correspondant	à l'entrée	$0^{m^3},2836$	$0^{m^3},5885$	$0^{m^3},7643$	$0^{m^3},3782$
	à la sortie, y compris le jet d'air comprimé	$0^{m^3},1801$	$0^{m^3},3956$	$0^{m^3},4856$	$0^{m^3},2451$

Observation. — Le volume entrant paraît bien plus grand que le volume sortant, quoique celui-ci comprenne seul la dépense en air comprimé. Ce résultat s'explique en partie par les fuites auxquelles donne lieu le mode ordinaire d'assemblage des tronçons de la conduite et surtout, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, par l'effet de la contraction de l'air entrant.

Durée du trajet d'une flambée de poudre		15″	8″	5″	11″
Vitesse moyenne obtenue		$2^m,38$	$4^m,46$	$7^m,14$	$3^m,24$
Volume moyen correspondant à cette vitesse		$0^{m^3},1683$	$0^{m^3},3153$	$0^{m^3},5048$	$0^{m^3},2291$
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère.	calculée d'après la formule; diam. du jet = 10 millimètres.	»	0,0709	0,0992	»
	mesurée à l'anémomètre	»	0,0754	0,0821	»

Expériences faites au charbonnage de Gosson-Lagasse par MM. de Keyser et V. Thiry (fin 1879).

CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES. (Voir planche I, figure 7).	KOERTING FONCTIONNANT AUX PRESSIONS EFFECTIVES DE				
	2 atmosph.	2 1/2 atmosph.	3 atmosph.	3 1/2 atmosph.	4 atmosph.
Longueur de la conduite, dont 113 mètres en deçà du jet d'air comprimé du Koerting et 103 au délà. (Joints suiffés)	216m	216m	216m	216m	216m
Diamètre moyen	0m,30	0m,30	0m,30	0m,30	0m,30
Section correspondante	0m²,0707	0m²,0707	0m²,0707	0m²,0707	0m²,0707
Pression + ou dépression — (en eau): en deçà du Koerting	— 12mm	— 14mm	— 16mm	— 19mm	— 22mm
Pression + ou dépression — (en eau): au delà	+ 4mm	+ 6mm	+ 9mm	+ 12mm	+ 14mm
Effet total	16mm	20mm	25mm	31mm	26mm

Observation. — En fait, nous estimons que les dépressions eussent été moins fortes et les pressions plus faibles, sans l'effet de succion du courant d'air sur le tube manométrique.

Durée du trajet d'une flambée de poudre	65″	60″	55″	51″	48″
Vitesse moyenne obtenue	3m,32	3m,60	3m,93	4m,24	4m,50
Volume moyen correspondant	0m³,2347	0m³,2545	0m³,2778	0m³,3000	0m³,3181
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère: calculée d'après la formule; diam. du jet = 5 millimètres	0m³,0175	0m³,0212	0m³,0248	0m³,0287	0m³,0320
Dépense en air comprimé, ramenée à 1 atmosphère: mesurée à l'anémomètre	»	»	»	»	»

En étudiant ces tableaux, on est frappé de la concordance relative des résultats obtenus à Marihaye; ceci résulte, entr'autres circonstances, du peu d'importance des fuites et de la faible influence que la contraction de l'air à son entrée dans la conduite a exercée sur l'anémomètre, cet instrument occupant une grande partie de la section.

On voit aussi par les trois tableaux précédents, que les cubages opérés à l'anémomètre ont donné des volumes généralement plus forts que la méthode basée sur la durée du trajet d'une bouffée odorante. Cette dernière méthode paraissant la plus certaine, nous avons rapproché dans le tableau récapitulatif ci-après, les résultats qu'elle a fournis tant à Marihaye qu'aux mines du Horloz et du Gosson.

Tableau récapitulatif des résultats obtenus par

CIRCONSTANCES DES EXPÉRIENCES.		PRESSION EFFECTIVE du JET.	KOERTING enlevé. — CONDUITE libre. A	KOERTING introduit mais ne fonctionn' pas. B	DÉPENSE en air comprimé ramenée à 1 atmosph. C
		atmosph.	m³	m³	m³
Expériences à Marihaye.					
1re série, n° 1	Longueur de la conduite . . . . 48m Diamètre moyen . 0m,195 Joints en caoutchouc et un coude.	2	»	0,0215	0,0112
» n° 2		3	»	0,0215	0,0161
2e série, n° 3		2	0,0299	0,0236	0,0112
» n° 4		3	0,0299	0,0236	0,0161
Expériences au Horloz.					
1re série, n° 5	Longueur de la conduite . . . . 25m Diamètre moyen . 0m,30 Joints lutés.	2	»	»	0,0500(1)
2e série, n° 6	Longueur de la conduite . . . . 35m,70 Diamètre moyen . 0m,30 Joints lutés et un coude.	2	0,2191	0,1683	0,0709
» n° 7		3	0,2191	0.1683	0,0992
Expériences au Gosson-Lagasse.					
Série unique n° 8	Longueur de la conduite . . . . 216m Diamètre moyen . 0m,30 Joints lutés.	2	»	Appel non mesuré; en tous cas, faible.	0,0175
n° 9		2 ½	»		0,0212
n° 10		3	»		0,0248
n° 11		3 ½	»		0,0287
n° 12		4	»		0,0320

(1) A défaut de connaître le diamètre de l'orifice de l'ajutage, on a pris le cubage anémométrique.

le cubage chronométrique (bouffées odorantes).

VOLUME global. — MÉLANGE. V	A + C	B + C	RAPPORT DU VOLUME GLOBAL V A			RAPPORT (air entraîné)	RAPPORT
			C	A + B	B + C	$\frac{V-(B+C)}{C}$	$\frac{V-(A+C)}{C}$
m³	m³	m³					
0,1277	»	»	11,40	»	3,72	8,48	»
0,1445	»	»	9,09	»	3,84	6,64	»
0,1139	0,0411	0,0348	10,17	2,77	3,27	8,13	6,50
0,1393	0,0458	0,0395	8,76	3,03	3 51	6,19	5,80
0,4850	»	»	9,70	»	»	»	»
0,3153	0,2900	0,2392	4,45	1,09	1,32	1,07	0,36
0,5048	0,3183	0,2675	5,09	1,58	1,89	2,39	1,87
0,2347	»	»	13,41	»	»	»	»
0,2545	»	»	11,98	»	»	»	»
0,2778	»	»	11,20	»	»	»	»
0,3000	»	»	10,45	»	»	»	»
0,3181	»	»	9,94	»	»	»	»

Les expériences de la 2e série du Horloz écartées, on voit que les résultats sont très favorables à l'emploi du Koerting. Le rapport du volume global débité à la dépense en air comprimé (ramenée à 1 atmosphère) est très près de 10 : 1.

En considérant à part la quantité d'air qui se trouvait naturellement débité par l'effet de la dépression aux portes, les expériences de Marihaye montrent que le jet d'air comprimé déterminait un appel *supplémentaire* égal à environ 7 1/2 fois sa dépense. On voit également que cet appel d'entraînement ne descendait pas en dessous de six fois cette dernière, en supposant, bien entendu, éliminées les résistances du Koerting à la circulation naturelle de l'air ; ce qu'on a pu apprécier en cubant cet air, après avoir enlevé le Koerting et l'avoir remplacé par un tronçon de conduite ordinaire.

Les expériences au Gosson n'ont pas été assez complètes pour permettre de chiffrer des déductions analogues. Elles autorisent pourtant à présumer que l'on eût constaté des résultats également très favorables, sinon même supérieurs.

Au Horloz, les expériences de la 2e série ont donné des résultats sensiblement moindres. De nouvelles seraient nécessaires pour qu'on pût se rendre compte de cette anomalie. Nous ferons remarquer qu'au Horloz le Koerting avait son entrée d'air placée latéralement sur son enveloppe ; que l'orifice de l'ajutage pour le jet d'air comprimé était six fois plus grand qu'à Marihaye ; que les joints, simplement lutés, devaient donner lieu à des fuites importantes ; qu'enfin le volume d'air appelé par l'effet de la dépression que produisait aux portes le ventilateur de la mine était considérable. C'est surtout à ces deux dernières circonstances que nous croyons devoir attribuer l'infériorité relative des résultats obtenus.

Dans son rapport à la Commission française du grisou, M. Haton de la Goupillière cite le cas d'un Koerting établi à Noeux qui entraînait, en nombre rond, 200 litres d'air pour 1 litre d'air comprimé. D'autre part, le tome VIII, 2e série, de la *Revue universelle des Mines*, relate des expériences entreprises au Couchant de Mons, desquelles il résulterait que le volume d'air appelé par un Koerting n'était que le cinquième de la dépense en air comprimé.

De pareils résultats, si extraordinaires dans leur contraste, n'ont été sans doute qu'apparents et ont dû provenir d'observations incomplètes. La vérité, — les expériences auxquelles nous avons fait procéder le

prouvent suffisamment, — c'est que les Koerting offrent des ressources précieuses pour l'aérage des travaux préparatoires, surtout dans les mines où l'on ne dispose que de faibles dépressions au fond des travaux (1).

En terminant cette note, nous ferons remarquer qu'on se contente parfois de faire usage de simples jets d'air comprimé dans les conduites sans recourir à l'emploi de Koerting. Il y aurait lieu de rechercher les ajutages qui donneraient aux jets l'épanouissement le plus favorable. Outre sa simplicité, ce système laisse les conduites libres, ce qui est un avantage en cas de suspension de la dépense en air comprimé.

(1) Notre travail était terminé lorsque nous avons trouvé dans un prospectus de MM. Koerting, frères, extraits d'une brochure de M. Hanarte, ingénieur à Mons, les résultats de quelques expériences faites sur deux jeux de canars de $0^m,35$ de diamètre et présentant respectivement 95 et 435 mètres de longueur. Il résulterait de ces expériences que l'entraînement *supplémentaire* d'air, produit par l'action d'un Koerting introduit dans ces deux conduites, aurait été de 14 et de 13 fois le volume de l'air comprimé dépensé, volume ramené à la pression ordinaire de la mine.

ANNEXE IV.

Parallèle entre les montages par taille et les montages par simple voie.

Extrait de notre mémoire (1866) *De l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou.*

Ce qui précède montre que les montages s'exécutent en Belgique par taille ou par simple voie. Cette seconde méthode n'est pas admise dans le Couchant de Mons. Elle présente pourtant des avantages qui, selon nous, pourraient la faire adopter dans diverses circonstances (1).

En principe, moins le front d'avancement sera large, moins il se dégagera de grisou et moins il faudra d'appareils d'éclairage. Mais le dégagement n'est pas en raison directe de la largeur du front, car les *fermes* ou *vifs-thiers* latéraux du montage produisent également du grisou, surtout près des angles supérieurs.

Or, dans un montage à simple voie, aéré par des canars soufflants, le gaz qui provient des deux fermes latéraux ne peut guère venir gêner les ouvriers abateurs. Il y a cependant à tenir compte d'une partie du grisou qui se dégage des angles du front d'avancement.

Dans un montage par taille remblayée, au contraire, tout le grisou que donne l'un des fermes passe sur le front de taille et y augmente l'accumulation du gaz.

Cette influence des fermes latéraux sera d'autant plus prononcée qu'ils acquièrent un plus grand développement. Mais elle ne sera pas non plus en raison directe de celui-ci, car le dégagement du grisou ne tarde pas à décroître progressivement de toute partie de couche que

(1) On a vu que cette opinion s'est, depuis, de beaucoup accentuée.

l'on cesse de travailler. C'est ainsi que le dégagement devient insensible au pied du montage dès que celui-ci a acquis une certaine hauteur.

Cependant le travail par simple voie étant bien plus rapide que le travail par taille remblayée, chaque mètre de largeur du front d'avancement donnera lieu, dans la première méthode, à un dégagement journalier de grisou plus considérable que dans la seconde. Il en sera de même des fermes latéraux, plus frais, plus récemment découverts.

Notons en passant que cette rapidité d'exécution, qui est due à la facilité du boutage, à la suppression du remblayage et au petit nombre d'ouvriers d'élite qu'il réclame, constitue un avantage important lorsque l'exploitant se trouve en retard dans les travaux préparatoires; ce qui n'arrive que trop souvent (1).

Quoi qu'il en soit, le travail par simple voie donnera lieu à moins de dégagement de grisou que le travail par taille, et, ainsi que nous l'avons dit à propos des bouveaux, les canars suffiront comme moyen d'aérage lorsque leur développement ne devra pas dépasser certaines limites. Celles-ci dépendront de la nature des couches, et surtout de la dépression motrice disponible.

Pour de longues communications, le travail par remblai est seul praticable (2). Cette méthode présente des avantages particuliers qu'il importe de faire ressortir.

Les montages par taille offrent d'abord plus de ressources en cas d'accident et de sauvetage à opérer.

En effet, dans les montages à simple voie, un éboulement peut survenir et rompre les conduites d'aérage, annuler complètement la ventilation, et couper ainsi la retraite aux ouvriers. Au contraire, dans un montage à deux voies, pour empêcher cette retraite, il faudra que l'une et l'autre voies soient obstruées par l'éboulement; et, dans ce cas même, il pourra arriver que les ouvriers reçoivent un filet d'air suffisant pour assurer leur vie et leur délivrance.

(1) Voici les avancements journaliers que l'on obtient dans les couches de l'Agrappe en suivant les diverses méthodes que nous avons indiquées pour pratiquer les communications d'aérage.

Vallée		1m,30
Montage en plat.	par taille	2m,50
	simple voie	3m,50
Montage en droit.	par taille	3m,00
	simple voie	4m,25

(2) Assertion qui nous semble aujourd'hui trop absolue, d'autant plus que l'on peut, le cas échéant, recourir aux montages jumeaux à simple voie.

Notons cependant qu'un coup de feu dans un montage pourra non seulement l'ébouler, mais détruire en outre dans le bouveau y aboutissant, les conduites d'aérage, et compromettre ainsi la vie des ouvriers, quelle que soit la méthode suivie dans le travail. Mais il peut arriver aussi que l'accident se réduise à un simple éboulement de voie.

L'éventualité d'un éboulement devient encore ici un motif de proscrire le travail par simple voie dans les montages qui doivent atteindre un grand développement, les chances de ce genre d'accident y augmentant en raison même de ce développement.

Nous terminerons le parallèle entre les deux méthodes, en faisant remarquer qu'au point de vue du coût du travail, le montage par taille est plus avantageux vu les produits plus considérables de l'abatage.

MÉLANGES

I. — UNE NOUVELLE LOI SUR LES MINES EN SUÈDE.

Dans une notice antérieure, appelant l'attention de nos lecteurs sur la revision, en France, de la loi sur les mines du 21 avril 1810, nous avons montré les différents pays de l'Europe amenés à corriger et à compléter ce que leurs lois minières avaient de défectueux, d'incomplet ou d'incompatible avec les nouveaux progrès de l'industrie moderne (1).

La Suède vient, à son tour, d'entrer dans la même voie et, une loi du 16 mai 1884 a, tout en en maintenant les principales dispositions, apporté à la loi antérieure du 12 janvier 1855 les modifications jugées nécessaires.

Nous reproduisons ici, en l'empruntant à l'intéressante *Revue de la législation des mines* de M. Delecroix (2), la traduction de la nouvelle loi suédoise. Nous continuons ainsi à réunir les éléments d'une étude de droit comparé pour le moment où la Belgique abordera la revision de sa législation minière (3).

On trouvera dans les quelques pages dont M. Pierre Dareste, avocat au Conseil d'Etat et à la Cour de cassation de France, a fait précéder, dans la revue lilloise, la publication de la loi suédoise (4), les renseignements les plus intéressants sur le mouvement de l'opinion publique

(1) De la revision de la loi sur les mines en France. *Annales des Travaux publics*, t. XXXVII.

(2) *Revue de la législation des mines, minières, usines métallurgiques, carrières et sources d'eaux minérales, de la jurisprudence et du droit comparé en ces matières*, publiée à Lille sous la direction de M. Emile Delecroix, docteur en droit, avocat au barreau de Lille.

(3) Voyez les traductions publiées sous la signature de M. J. Malou, de la loi espagnole du 6 juillet 1859, de la loi italienne du 20 novembre 1859 ainsi que celle de la loi prussienne du 24 juin 1865, *Annales des Travaux publics*, t. XXIII; voy. aussi nos notices sur la revision française insérées dans les tomes XXXVII et XL.

(4) *Revue de la législation des mines*, 2e année (1885), p. 1.

qui a amené le gouvernement de Stockholm à promulguer la loi du 16 mai 1884.

Les principes de la législation minière de la Suède diffèrent essentiellement de ceux qui ont prévalu en Belgique comme en France.

L'acte de l'autorité ne crée pas une propriété immobilière distincte de celle de la surface; il ne constitue qu'une autorisation d'exploiter accordée à celui qui a découvert la mine. La propriété des mines y garde un caractère mobilier et n'est, par suite, pas susceptible d'hypothèque. De là la conséquence que cette autorisation d'exploiter est essentiellement révocable. La loi suédoise a pu ainsi résoudre les difficultés qui se présentent chez nous, par suite de ce qu'on a appelé une lacune de la loi, au sujet de l'abandon et de la révocation des concessions.

Nous attirerons encore l'attention de nos lecteurs sur la nomenclature des gisements minéraux pouvant être l'objet de permis d'exploiter (1) et d'exploitation. On y remarquera l'omission voulue du charbon, (art. 71 de la loi).

La loi suédoise comprend, parmi les substances concessibles ou mieux susceptibles d'un permis d'exploiter, le fer à l'exception des minerais lacustres et d'alluvion. Elle a ainsi, comme les divers projets élaborés par l'administration belge et restés jusqu'ici sans suite, soumis les minerais de fer à des régimes différents, mais elle base sa classification sur le mode de gisement seul, alors que les projets belges se basent sur le mode d'exploitation.

Le but de l'Administration, en Belgique, dans l'élaboration des projets de loi sur la concessibilité de la mine de fer auxquels nous venons de faire allusion, a toujours été de mettre d'accord les exigences de l'industrie et les prétentions de la propriété superficiaire. En lisant la loi suédoise, nous nous sommes demandé si, en attribuant, en cas de concession de mines de fer, au propriétaire du sol, des droits aussi importants que ceux que leur reconnaît cette loi en son chapitre III, il n'y aurait pas là matière à une transaction de nature à mettre d'accord tous les intéressés.

H. D. P.

Avril 1885.

(1) M. Dareste a traduit, par *permis d'exploiter*, l'expression technique *inmutning*, qui désigne l'autorisation délivrée au requérant. Dans la langue juridique suédoise, le titre s'appelle *Inmutningsbref*, et l'*inmutning* est, à proprement parler, le permis lui-même. (*Rev. de lég.*, p. 2.)

Loi suédoise du 16 mai 1884.

CHAPITRE Ier.

DU PERMIS D'EXPLOITER (*inmutning*).

ART. 1er. — Peuvent être l'objet de permis d'exploiter et d'exploitation par quiconque se présente à cet effet, tous gisements minéraux qui contiennent :

1° Les minerais des métaux suivants, savoir : or, argent, platine, mercure, plomb, cuivre, fer, à l'exception des minerais lacustres et d'alluvion : manganèse, chrome, cobalt, nickel, zinc, étain, titane, molybdène, wolfram, bismuth, antimoine et arsenic ;

2° La pyrite de soufre, la pyrite magnétique et le graphite.

Tout gisement qui a déjà fait l'objet d'un permis ou d'une exploitation peut donner lieu, s'il a été abandonné, à un nouveau permis, pourvu que le gisement soit de ceux qui sont énumérés ci-dessus.

ART. 2. — Le permis d'exploiter est délivré pour un périmètre déterminé et délimité verticalement dans le sens de la profondeur.

Ce périmètre prendra, dans la présente loi, le nom de périmètre provisoire ou de périmètre définitif (1), suivant qu'il aura été délimité sur le terrain dans les termes des art. 11 ou 26.

ART. 3. — § 1. Aucun permis ne peut être délivré sur un terrain distant de moins de deux cents mètres d'une maison d'habitation ou d'un bâtiment pourvu d'une clôture, ou des dépendances d'une habitation ou d'un jardin, sans la permission aussi bien du propriétaire de l'immeuble que de celui qui en a la jouissance.

Il ne peut être non plus délivré de permis dans un cimetière, ou autre lieu servant à la sépulture, ni, sans permission de l'autorité ou de l'administration compétente, à moins de trente mètres de distance des chemins de fer et canaux livrés au trafic général.

§ 2. Il est également interdit de délivrer des permis sur des périmètres provisoires ou définitifs déjà assignés, tant que le droit des exploitants sur ces périmètres a été régulièrement conservé.

(1) Nous traduisons par équivalent les termes originaux *immutadt område* et *utmål*, qui n'ont pas de correspondants exacts en français.

Art. 4. — Quiconque veut exploiter et s'approprier, sur son fonds ou sur le fonds d'autrui, quelque matière minérale pouvant faire l'objet d'un permis d'exploiter, devra présenter au directeur des mines (*bergmästare*) du lieu une demande écrite tendant à l'obtention d'une autorisation ou permis (*mutsedel*). Cette demande indiquera :

Les nom, domicile et profession du requérant;

La nature du gisement;

L'emplacement, la paroisse et la province où il se trouve;

Le point central du périmètre visé par la demande (*inmutningspunkt*), dont la position devra être déterminée avec assez de précision pour ne laisser place à aucun doute.

Art. 5. — Le directeur des mines fera connaître par écrit sa décision sur la demande de permis, sans aucun délai et au plus tard dans les trente jours de la réception de cette demande. S'il juge nécessaire de réclamer des renseignements ultérieurs sur le gisement annoncé, la position du point central ou toute autre circonstance utile à connaître pour la rédaction du permis, il impartira au requérant un délai pour les fournir, à compter du jour de sa décision; si ce délai n'est pas mis à profit, le demandeur sera déchu, et la décision devra le rappeler en termes exprès. Si les documents produits ou les renseignements fournis établissent que le gisement n'est pas de ceux qui peuvent être exploités par permis conformément à l'art. 1er, ou qu'il se rencontre quelqu'un des obstacles prévus à l'art. 3, la demande sera rejetée.

Art. 6. — S'il ne se rencontre aucun obstacle à ce que la demande soit accueillie, le directeur des mines délivrera un permis qui contiendra :

1° L'indication de la nature du gisement et la description de la position du point central;

2° La date de la réception de la demande par le directeur des mines;

3° La dénomination sous laquelle le gisement pourra se distinguer d'autres gisements de même nature;

4° L'injonction à l'impétrant de faire publier le permis, dans les soixante jours de sa délivrance, dans l'église de la paroisse ou du district paroissial où est situé le périmètre, sous peine de déchéance du permis, au cas où un autre demandeur se présenterait avant la publication, si elle a lieu plus tard.

Art. 7. — Le permis produit effet du jour où la demande a été formée au directeur des mines.

Si plusieurs ont demandé le même jour un permis sur le même périmètre, le directeur des mines délivrera à chacun son permis, et ils auront des droits égaux, à moins que l'un d'eux n'établisse qu'il a le premier découvert le gisement, auquel cas le droit lui appartiendra exclusivement.

Art. 8. — Le permissionnaire a le droit exclusif, dans le périmètre provisoire ou définitif qui lui est assigné, d'exploiter et de s'approprier, sous les conditions et restrictions prononcées par la présente loi, aussi bien le minerai qui fait l'objet du permis que toute autre substance minérale exploitable par permis qui viendrait à s'y rencontrer.

Les autres minéraux qui se rencontreraient dans le périmètre pourront aussi être extraits par le permissionnaire dans la mesure nécessaire pour la conduite de l'exploitation, et le permissionnaire en pourra utiliser tout ce qui pourra servir aux besoins de l'exploitation. Il pourra même conserver ce qu'il n'utilisera pas de cette manière, à moins que le propriétaire du sol ne le reprenne, dans les soixante jours après en avoir été avisé, et contre remboursement des frais d'extraction et d'offres. Le droit du propriétaire du sol à cet égard est exercé, sur les terres de la couronne, par le possesseur.

Art. 9. — Le permis accordé sur une mine abandonnée, donne droit aux scories (*varp*) qui se trouvent sur l'ancien périmètre provisoire ou définitif, et qui n'ont pas éte spécialement réservées par le permis délivré, conformément à la législation antérieure.

Il est traité à l'art. 48 du droit du précédent propriétaire de mines sur le minerai extrait.

Art. 10. — § 1. Tout permis delivré pour l'exploitation d'un gisement non compris dans l'énumération de l'art. 1er est nul, et il sera interdit de fixer un périmètre définitif pour cette mine.

Il en sera de même lorsque le point central, contrairement aux prescriptions de l'art. 3, § 1, aura été pris sur un terrain où il n'est pas permis, aux termes de cet article, de délivrer des permis.

Toute opposition au permis, fondée sur les motifs ci-dessus, ou toute demande en déchéance fondée sur l'inobservation des prescriptions de l'art. 13, § 1, ou de l'art. 14, § 1, devra, pour être valable, être formée, au plus tard, au moment de la fixation du périmètre définitif. Celui dont le droit aura été lésé pourra d'ailleurs, s'il le désire, obtenir l'annulation du permis, sans plus attendre, par une action portée devant l'administration supérieure des mines, si le gisement n'est pas de ceux

qui peuvent faire l'objet d'un permis dans les termes de l'art. 1er, et devant les tribunaux dans tous les autres cas.

Si le permissionnaire ou le propriétaire de la mine savent que l'exploitation a été illégalement entreprise ou que le permis est frappé de déchéance, et continuent néanmoins à exploiter, ils en seront responsables comme pour dommages à la propriété, si l'action est intentée contre eux dans les délais légaux.

§ 2. Si le permis a été accordé à nouveau sur une ancienne mine supposée abandonnée, l'ancien possesseur ne sera pas tenu de céder la place au nouveau permissionnaire avant d'avoir été déclaré, par jugement, déchu de son droit; il ne pourra être relevé, dans ce litige, contre le détenteur de la mine, aucun grief tiré d'une omission ou de tout autre fait remontant plus loin que le 1er janvier de l'année précédant celle où l'action est intentée.

CHAPITRE II.

DES TRAVAUX D'ESSAI.

Art. 11. — Lorsque le permis est délivré, le permissionnaire a le droit de faire dans le périmètre qui lui est assigné, comprenant un rayon de cent mètres autour du point central, tous travaux d'essai nécessaires pour la recherche et la découverte du minerai, et d'utiliser ou de pratiquer des chemins qui y conduisent. Les prescriptions de l'art. 3 relatives aux obstacles à la délivrance du permis s'appliqueront aussi d'ailleurs aux travaux d'essai, si ces obstacles existaient au moment où le permis a été délivré.

Le permissionnaire paiera au possesseur du sol, pour le terrain qu'il utilisera, tant que dureront les travaux d'essai une indemnité complète consistant en une redevance annuelle payée d'avance.

Si les travaux sont abandonnés avant la fixation du périmètre définitif, le permissionnaire devra également indemniser le propriétaire du sol, ou celui qui en son lieu et place aura droit à cette indemnité, de tout dommage que l'immeuble pourra avoir souffert pour l'avenir à raison des travaux d'essai; jusqu'au paiement de cette indemnité, le permissionnaire demeurera tenu à l'intégralité de la redevance annuelle due pour l'occupation du terrain.

Art. 12. — En cas de contestation sur le montant de la redevance annuelle ou de l'indemnité prévue à l'art. 11, la question sera soumise

à trois arbitres non sujets à reproche, dont deux seront désignés par chacune des parties et désigneront le troisième; en cas de refus par celui qui est obligé à l'indemnité de désigner un arbitre, ou si les deux arbitres désignés ne peuvent tomber d'accord sur le choix du troisième, il y sera pourvu par le gouverneur, ou par le tribunal dans les villes et le juge à la campagne, ou par l'exécuteur en chef (1) du lieu. Celui qui est obligé à l'indemnité supportera les frais de réunion des arbitres et les dépens de la partie adverse; si l'indemnité n'est pas fixée à un chiffre supérieur à la somme offerte avant la réunion des arbitres, chaque partie supportera ses frais, et les frais de réunion des arbitres seront partagés par moitié.

La décision prise par la majorité des arbitres sera exécutoire, alors même que l'une des parties voudrait saisir le tribunal, à moins que le juge ou l'exécuteur n'en ordonne autrement; sous réserve toutefois du droit, de celle des parties qui s'y croira fondée, de soumettre le litige au tribunal, à condition d'introduire l'instance dans les quatre-vingt-dix jours de la signification à elle faite de la décision des arbitres. La décision des arbitres fera clairement mention des conditions à remplir pour soumettre le litige au tribunal.

Il est loisible à l'indemnisé, s'il le préfère, de saisir dès le principe le tribunal au lieu des arbitres.

ART. 13. — § 1. Quatorze jours au moins avant qu'aucun travail ne commence sur le périmètre assigné par le permis, le permissionnaire devra, sous peine d'être déchu du permis et de répondre de tous dommages causés par les travaux, comme de dommages à la propriété, remettre une copie certifiée du permis, tant au propriétaire du terrain compris dans le périmètre qu'à celui qui a droit de jouissance sur ce terrain; les formes de cette notification seront celles des assignations; toutefois, lorsque le propriétaire sera un particulier absent, et faisant administrer son bien par autrui, la copie sera laissée au représentant.

§ 2. Le permissionnaire est en outre tenu, avant de commencer aucun travail sur le périmètre assigné, de fournir un gage ou une caution pour la redevance annuelle ou l'indemnité éventuelle, à laquelle il est obligé en vertu de l'art. 11. La sûreté fournie sera soumise à l'approbation de l'exécuteur en chef, si toutefois elle n'est point agréée par

(1) *Ofverexecutor*. On appelle ainsi le fonctionnaire administratif chargé de l'exécution des décisions de justice. V. à ce sujet *Annuaire de législation étrangère*, 1878, p. 663.

le propriétaire ou l'usufruitier. Faute par le permissionnaire de fournir cette sûreté, l'agent des saisies (1) du lieu, à ce requis, fera cesser les travaux jusqu'à ce qu'il ait été fourni une sûreté jugée acceptable.

ART. 14. — Huit mois au plus après la délivrance du permis, le permissionnaire devra, sous peine de perte de son droit, avoir commencé les travaux, à moins qu'un litige engagé n'y ait apporté quelque obstacle qu'il n'ait pas dépendu de lui de lever.

Il est statué aux art. 21 et 39 sur l'obligation ultérieure incombant au permissionnaire, de poursuivre l'exploitation du gisement.

ART. 15. — Au cours des travaux d'essai, le permissionnaire n'a pas le droit, sans l'autorisation du propriétaire du sol, d'édifier sur le périmètre assigné, d'autres constructions que celles qui seront absolument nécessaires pour les travaux d'essai. S'il en édifie, le possesseur du sol pourra requérir l'agent des saisies du lieu de faire enlever les constructions aux frais du permissionnaire.

CHAPITRE III.

DE LA PART DU PROPRIÉTAIRE DU SOL.

ART. 16. — Le propriétaire du sol a le droit de participer pour moitié avec le permissionnaire aux travaux de mine et au profit qui en résulte.

Il peut faire usage de ce droit pour le tout ou pour une partie déterminée.

S'il se trouve, dans un périmètre assigné par un permis, plusieurs propriétaires régulièrement délimités, chacun d'eux exercera sur son sol le droit du propriétaire.

ART. 17. — Sur les terres de la couronne possédées par droit d'occupation perpétuel ou assignées à des fonctionnaires à titre d'émolument, ou concédées temporairement par la couronne, l'occupant, le tenancier ou en général le possesseur jouira du droit qui appartient au propriétaire aux termes de l'art. 16 ; et s'il fait valoir son droit à la part du propriétaire, il conservera cette part comme sa propriété particulière.

(1) *Utmätningsman*. C'est l'agent chargé des exécutions sous la direction de l'exécuteur en chef. V. la note sous l'art. 12.

Les bois affectés aux mines (*grufveskog*) (1) seront compris à cet égard parmi les terres possédées par droit d'occupation perpétuel.

Sur toutes autres terres de la couronne, la part du propriétaire appartiendra au permissionnaire.

Art. 18. — Le propriétaire peut, pendant les travaux d'essai, se présenter à toute époque au permissionnaire pour réclamer sa part de propriétaire en totalité ou pour une portion déterminée; à dater de cette demande, il participera à l'exploitation, à charge toutefois de supporter dorénavant une part correspondante dans tous les frais nécessaires pour poursuivre les travaux, et de rembourser dans tous les cas la valeur des constructions, matériel et approvisionnements nécessaires et utiles à l'exploitation, déjà existants; il ne sera pas tenu toutefois de participer aux frais faits par le permissionnaire pour la recherche et la découverte du gisement; par contre, tout le produit des extractions opérées pendant cette période appartiendra sans partage au permissionnaire.

En cas de contestation sur le montant de l'indemnité due par le propriétaire du sol, elle sera fixée conformément à l'art. 12, et le propriétaire du sol n'en exercera pas moins, provisoirement, son droit de participer à l'exploitation, en fournissant une sûreté pour l'indemnité.

Toute demande tendant à faire valoir le droit du propriétaire, devra être formée, au plus tard, au moment de la fixation du périmètre définitif, sauf dans le cas prévu à l'art. 19.

Art. 19. — Si un périmètre définitif s'étend sur les fonds de plusieurs propriétaires, celui sur le fonds duquel les travaux de mine ne commenceront qu'après la fixation du périmètre définitif, pourra réclamer sa part de propriétaire, au plus tard dans les six mois après que les travaux auront commencé sur son fonds, et qu'il en aura été informé par le permissionnaire; ce dernier sera tenu de l'en informer, sous peine d'abandonner à celui qui jouira de la part du propriétaire, tout ce qu'il se sera déjà approprié sur son fonds.

Lorsque le droit du propriétaire sera exercé en vertu de cet article, l'obligation d'indemnité envers celui qui aura exploité jusque là, sera réglée d'après les dispositions de l'art. 18.

Art. 20. — Faute par celui qui jouit du droit du propriétaire de se

(1) Ce sont les forêts concédées autrefois par le gouvernement aux propriétaires des usines, d'où ils tiraient leurs étais ainsi que le bois à brûler dont on se servait pour désagréger le minerai au lieu de poudre.

prévaloir de son droit dans le délai fixé par les art. 18 et 19, il en est déchu.

Il est traité à l'art. 48 de la part du propriétaire du sol au cas où un gisement assigné par permis ou exploité vient à être abandonné.

CHAPITRE IV.

DU PÉRIMÈTRE DÉFINITIF (*utmâl*).

Art. 21. — Lorsque le gisement est découvert, et l'existence du minerai démontrée, il est désigné au gisement qui avait fait l'objet du permis un périmètre définitif, comprenant l'espace du terrain où le propriétaire de la mine aura désormais le droit exclusif d'exploitation, aussi bien à ciel ouvert que sous terre; en conséquence, le permissionnaire sera tenu, dès que les travaux seront parvenus à ce point, de requérir du directeur des mines la fixation du périmètre définitif.

Les travaux à faire sur le gisement, nécessaires, d'après ce qui précède, pour la fixation du périmètre, devront être achevés par le permissionnaire, et la requête, à fin de fixation de périmètre, devra être présentée au directeur des mines au plus tard dans les trois ans de la délivrance du permis, sous peine de déchéance du droit qu'il confère; le directeur des mines pourra toutefois, sur la demande du permissionnaire, lorsqu'à raison de circonstances locales particulières les travaux n'auront pu être convenablement accomplis dans le délai ci-dessus, accorder une prorogation de deux ans au plus pour les achever.

Les dispositions de cet article s'appliqueront aussi au cas où un nouveau permis serait délivré sur une mine abandonnée pour laquelle un périmètre définitif aurait été antérieurement fixé.

Art. 22. — La demande de fixation de périmètre définitif sera faite par écrit; elle indiquera les noms et domiciles du ou des propriétaires sur les fonds desquels le périmètre peut s'étendre; le directeur des mines est tenu, autant que possible et si la saison le permet, de procéder sur-le-champ à la fixation demandée.

Les frais de fixation du périmètre seront supportés par le propriétaire de la mine.

Art. 23. — En procédant à la fixation du périmètre, le commissaire sera assisté de deux experts, choisis par lui parmi ceux qui ont été désignés dans le lieu comme experts pour les opérations du cadastre, ou, si le périmètre est fixé sur le sol d'une ville, de deux habitants de

la ville désignés par lui, et en outre, en cas de besoin, d'un arpenteur commis par le gouverneur.

Il sera adressé une convocation spéciale au propriétaire du sol, au moins trente jours à l'avance, avec indication du jour et du lieu des opérations, dans les formes prescrites par l'art. 13 pour la notification du permis; les opérations seront annoncées dans le même délai par lecture publique dans l'église de la paroisse ou de l'assemblée paroissiale où le périmètre devra être tracé, pour l'information de toute personne qui jugera que ses droits y sont intéressés; le commissaire pourra s'adresser à l'autorité de police (*kronobetjening*) du lieu ou, s'il en est besoin, au gouverneur, pour obtenir que par ses soins l'annonce soit lue publiquement à l'église et que les convocations spéciales soient notifiées à qui de droit, contre attestation à délivrer au commissaire avant le jour fixé.

Si le périmètre doit être fixé sur une terre de la couronne, le commissaire en donnera avis au gouverneur à fin de constitution d'un fondé de pouvoirs du gouvernement.

ART. 24. — Si le requérant est absent aux opérations, elles seront suspendues et ne pourront être reprises que sur nouvelles convocations. Mais l'absence de l'autre partie ou du représentant du gouvernement n'empêchera pas la poursuite des opérations, quand elles auront été notifiées et publiées comme il est dit à l'art. 23.

ART. 25. — Si, au cours des opérations, des reproches sont formulés contre le commissaire ou quelqu'un des auxiliaires, ou s'il est fait quelque autre opposition à ce que les opérations soient commencées ou poursuivies, le commissaire prononcera. Si le reproche ou l'opposition est admis, les opérations cesseront, à moins qu'il ne s'agisse d'un reproche contre un expert, auquel cas l'expert reproché sera remplacé par un autre. Si le reproche ou l'opposition est repoussé, les opérations continueront malgré le recours contre la décision, sous toutes réserves du droit de l'intéressé de poursuivre son recours en le joignant au fond.

ART. 26. — Le périmètre sera tracé sur le sol de manière à attribuer au permissionnaire, en proportion de ses besoins, une superficie de deux cents mètres au plus en long et en large; toutefois, si la disposition des lieux le rend nécessaire pour obvier à quelqu'un des obstacles prévus plus bas, ou si le propriétaire le requiert, et qu'il y ait assez de terrain disponible, le périmètre pourra être tracé, dans les dimensions

déterminées, même en affectant une autre forme selon les convenances, en évitant seulement autant que possible les lignes brisées et les angles aigus, et de manière que la longueur, si faire se peut, ne dépasse pas le double de la largeur. Cependant le périmètre ne pourra, en aucun cas, être tracé de façon à laisser en dehors le point central indiqué dans le permis.

Les dispositions de l'art. 3 concernant les obstacles à la délivrance du permis s'appliqueront aussi à la fixation du périmètre, s'il s'agit d'obstacles existant déjà au moment où le permis a été délivré.

Art. 27. — Les limites des périmètres qui seront assignés à l'avenir seront prises perpendiculairement dans la profondeur, autant que faire se pourra, sans empiéter sur des périmètres déjà établis.

Art. 28. — Le périmètre sera jalonné sur le sol et marqué par des bornes et limites dans la forme ordinaire; il en sera dressé un plan qui restera annexé au procès-verbal des opérations, lequel contiendra une description complète du périmètre, de sa situation et de son étendue.

Art. 29. — Si le propriétaire du sol se présente au moment de la fixation du périmètre définitif pour réclamer sa part de propriétaire, ou s'il l'a déjà fait antérieurement, il en sera également fait mention au procès-verbal, ainsi que des conditions que le propriétaire se sera réservé de stipuler ou qui auront été arrêtées d'accord. Si la réclamation se produit au cours des opérations, et que les parties ne puissen s'entendre sur le montant de l'indemnité due au permissionnaire par le propriétaire du sol dans les termes de l'art. 16, le concessionnaire fera son rapport sur ce point, après examen et estimation par lui et par les experts.

Art. 30. — § 1. Le propriétaire de la mine déterminera lui-même l'espace de terrain à la surface du sol et à l'intérieur du périmètre qui lui sera nécessaire pour ses travaux; il sera tenu d'en payer le prix comme il est dit à l'art. 31, et d'établir seul autour de ce terrain les clôtures nécessaires.

Le propriétaire de la mine ne pourra utiliser le terrain superficiaire dont il n'aura pas payé le prix, ni élever sur celui qu'il aura payé d'autres constructions que celles qui seront nécessaires pour l'exploitation.

§ 2. Si le propriétaire de la mine participe à l'exploitation pour une part plus ou moins grande, le prix qui lui revient sera diminué en proportion.

Art. 31. — Le prix à payer par le propriétaire de la mine, aux termes de l'art. 30, pour le terrain qu'il lui sera cédé, sera déterminé au moment de la fixation du périmètre définitif. Faute par les parties de s'accorder sur le montant, il sera déterminé par le commissaire et les experts, après estimation du terrain, à la valeur maximum des terrains de même nature et bonté dans la localité, en tenant compte de ce que le propriétaire du sol demeure obligé aux rentes et charges de la propriété.

Sur les terres de la couronne possédées par droit d'occupation perpétuelle, y compris les bois affectés aux mines (1), le prix de cession appartiendra au titulaire du droit d'occupation, et partout ailleurs au propriétaire, à la charge par celui-ci, si un droit de jouissance a été conféré sur l'immeuble, d'indemniser l'occupant du préjudice résultant pour lui de la perte du terrain.

Si le terrain est grevé d'une inscription hypothécaire, et que les créanciers n'autorisent pas le propriétaire à toucher le prix, le montant en sera consigné entre les mains du gouverneur qui le répartira dans les formes prescrites pour la répartition du prix de vente des immeubles adjugés sur saisie; le propriétaire de la mine pourra d'ailleurs, même en tout autre cas, consigner le prix entre les mains du gouverneur qui le tiendra à la disposition de qui de droit, sur la réquisition qui lui en sera faite.

Le paiement ou la consignation du prix, avec intérêts du jour où le montant en aura été fixé par le commissaire et les experts, sera effectué dans les quatre-vingt-dix jours qui suivront, faute de quoi le propriétaire de la mine perdra le périmètre et le droit qu'il tient du permis.

Art. 32. — Le propriétaire de la mine a le droit de se faire assigner, au moment de la fixation du périmètre, les voies d'accès nécessaires et la place pour les appareils de transmission de la force.

Art. 33. — Le propriétaire de la mine indemnisera complètement le propriétaire ou le détenteur du sol pour tout dommage causé par la fixation du périmètre; le montant de l'indemnité sera déterminé au moment des opérations par le commissaire et les experts, s'ils en sont requis. Cette disposition ne fera pas d'ailleurs obstacle à ce que celui qui a droit à l'indemnité fasse valoir spécialement, par voie d'action en justice devant les tribunaux, la réclamation à laquelle il pourra se croire fondé au cours de l'exploitation minière.

(1) V. art. 17 et la note.

Lorsque le propriétaire de la mine se sera fait assigner, comme il est dit à l'art. 32, des voies d'accès, et l'emplacement des appareils de transmission de la force, il appartiendra aussi au commissaire et aux experts de déterminer l'indemnité à ce afférente.

Art. 34. — Si, au cours des opérations pour la fixation du périmètre définitif, s'élève la question de savoir si le gisement assigné par le permis pouvait en faire l'objet aux termes de l'art. 1er, tout recours contre la décision du commissaire sur ce point, ou contre la dimension ou la forme du périmètre définitif qui aura été fixé, devra être formé devant la direction supérieure des mines dans le délai déterminé à l'art. 70.

Tous recours contre les décisions prises sur toutes autres questions relatives à la détermination du périmètre définitif seront portés aux tribunaux dans le délai d'un an à compter de la communication de la décision, à peine de déchéance; le commissaire devra, en terminant ses opérations, faire connaître aux parties et insérer à son procès-verbal une instruction complète sur les voies à suivre pour faire valoir le recours.

Art. 35. — Si, au moment de la fixation du périmètre, comme il est dit à l'art. 30, le propriétaire de la mine n'a réclamé qu'une partie de la superficie, et qu'il se trouve, par la suite, avoir besoin de plus de terrain à l'intérieur du périmètre, ou si après la fixation du périmètre, il devient nécessaire de pratiquer des voies d'accès ou d'occuper un emplacement pour les appareils de transmission de la force, le propriétaire de la mine s'adressera à cet effet au directeur des mines, et il sera procédé pour l'instruction de la demande, sauf à changer ce que de droit, dans les formes prescrites pour la fixation du périmètre définitif.

Art. 36-37. — [Dispositions transitoires relatives aux périmètres déjà assignés en vertu de la législation précédente.]

Art. 38. — En cas de demande de réunion de plusieurs périmètres contigus, pour la facilité des travaux et l'exploitation commune, l'administration supérieure des mines en décidera, s'il ne s'y rencontre pas d'obstacle, suivant ce qu'elle jugera convenable; le périmètre total pourra en ce cas comprendre une surface plus considérable qu'il n'est permis d'ailleurs.

CHAPITRE V.

DE L'OBLIGATION DE TRAVAIL ET DE L'INTERRUPTION.

ART. 39. — Dans tout périmètre provisoire ou définitif, soit que le droit ait été acquis avant ou depuis la promulgation de la présente loi, les travaux devront être conduits de manière à effectuer chaque année, du 1er janvier au 31 décembre, un travail de fouille ou de construction d'une valeur correspondante aux frais d'extraction de 10 mètres cubes; le propriétaire de la mine pourra toutefois, s'il le préfère, accomplir en une seule année la quantité de travaux exigée pour plusieurs années consécutives, quatre au plus, à condition d'en faire la déclaration au directeur des mines avant l'expiration de l'année où les travaux seront effectués.

Pour tout nouveau permis, la première année de travail sera comptée du 1er janvier de l'année qui suivra celle où le permis aura été délivré, à moins que les travaux n'aient été empêchés par des contestations qu'il ne dépendait pas du permissionnaire d'éviter; auquel cas l'année sera comptée du 1er janvier qui suivra celle où l'empêchement aura cessé.

Les travaux dont il est question à cet article devront avoir réellement pour but l'exploitation minière, ou être d'ailleurs de nature à servir à l'établissement de la mine.

ART. 40. — L'administration supérieure des mines pourra, si les circonstances s'y prêtent, accorder au propriétaire de mines qui possède plusieurs périmètres contigus, l'autorisation d'exécuter sur l'un ou quelques-uns de ces périmètres, tant qu'il continuera de les posséder, pendant une ou plusieurs années, la somme de travaux correspondante à l'ensemble.

ART. 41. — Au lieu d'accomplir la quantité de travaux exigée par l'art. 39, le propriétaire de la mine peut, s'il le préfère, payer, pour chaque périmètre, une redevance annuelle de cinquante *kronor* (70 fr.) dont la moitié appartiendra à la couronne et l'autre moitié au propriétaire du sol sur lequel le périmètre définitif a été tracé. Cette redevance sera payée, pour chaque année de travail, avant la fin de l'année, au gouverneur, qui remettra au propriétaire du sol, sur sa requête, la part lui revenant. S'il y a plusieurs propriétaires du sol sur un même périmètre, ils auront chacun leur part de la redevance, proportionnelle

à leur terrain. Si le propriétaire de la mine est en même temps propriétaire du sol à l'intérieur du périmètre, il ne sera pas tenu de payer plus que la moitié de la redevance due à l'Etat.

Sur les terres de la couronne possédées par droit d'occupation perpétuelle, y compris les bois affectés aux mines (1), la part revenant au propriétaire appartiendra au titulaire du droit d'occupation.

Le droit de convertir, comme il vient d'être dit, l'obligation de travail en une redevance ne pourra toutefois s'exercer que quand les travaux de mines auront été exécutés depuis trois ans au moins, et que le périmètre définitif aura été assigné.

Art. 42. — Le directeur des mines peut, sur demande écrite, accorder une exemption de l'obligation de travail, pour quatre années d'exploitation au plus, lorsque l'exploitation rencontre de graves obstacles que le propriétaire de la mine n'a pu prévenir, ou qu'il argue et justifie d'autres motifs valables d'interruption.

Toutefois, l'interruption ne sera autorisée que s'il a été satisfait pendant trois ans au moins à l'obligation de travail, et qu'un périmètre définitif a été fixé.

L'autorisation d'interruption produira effet du 1er janvier de l'année qui suivra la demande, jusqu'au 1er janvier de l'année où l'obligation de travail recommencera.

Pendant la durée de l'interruption, le propriétaire de la mine ne sera pas tenu de payer une redevance pour la mine conformément à l'art. 41.

Art. 43. — S'il est formé une demande d'interruption pour une mine dans des conditions telles qu'une autre mine en activité puisse avoir à craindre de recevoir un surcroît d'eau pendant l'interruption, le directeur des mines ne devra l'autoriser que du consentement du propriétaire de la mine contiguë, ou sur le vu d'une convention intervenue avec lui sur les épuisements pendant l'interruption, ou à la condition que le demandeur fournira sûreté ou caution, approuvée par l'exécuteur en chef (2), pour tout le dommage pouvant résulter, pendant ce temps, de l'accroissement du volume d'eau pour le propriétaire de la mine contiguë.

Si, après que l'interruption aura été autorisée, il vient à être reconnu que des mines contiguës subissent un préjudice comme il est dit ci-des-

(1) V. art. 17 et la note.
(2) V. la note sous l'art. 12.

sus, le directeur des mines déterminera les conditions auxquelles le propriétaire de la mine pourra jouir de l'autorisation. Il sera procédé de la même manière pour les mines soumises à la redevance dont il est question à l'art. 41.

Art. 44. — Si le propriétaire de la mine demande une autorisation d'interruption pour plus de temps que le directeur des mines ne peut l'accorder aux termes de l'art. 42, la demande devra être portée à l'administration supérieure des mines, laquelle, en raison de circonstances particulières, et du consentement du propriétaire du sol, ou, sur un domaine de la couronne, de l'occupant, pourra accorder une prolongation pour quatre années d'exploitation au plus.

Art. 45. — Il ne pourra être accordé de nouvelle interruption pour une mine, que s'il a été satisfait à l'obligation de travail, ou si la redevance a été payée dans les termes de l'art. 41 pour trois années d'exploitation au moins à dater du jour où l'interruption ou la prolongation accordée aura pris fin.

Art. 46. — Toute décision relative à l'interruption de travail ou à la prolongation de l'interruption sera, par les soins du propriétaire de la mine, dans les trois mois de la notification, publiée par lecture publique dans l'église de la paroisse ou de l'assemblée paroissiale où la mine sera située, sous peine de déchéance de l'autorisation, dont la décision devra faire mention.

Art. 47. — Si l'obligation de travail manque d'être remplie pour quelque année d'exploitation, sans déclaration (art. 39) ni autorisation (art. 42 et 44) dans les termes de droit, et si pendant le même temps la redevance annuelle prévue à l'art. 41, lorsque le propriétaire aura été autorisé à l'acquitter, a manqué d'être payée à l'époque et de la manière prescrite, la mine sera abandonnée à l'expiration de l'année, et le droit résultant du permis sera frappé de déchéance, s'il est présenté requête à cet effet dans les deux ans qui suivront l'expiration de l'année où l'omission s'est produite.

Art. 48. — Lorsque la mine aura été abandonnée, ou que le propriétaire sera déchu de son droit de toute autre manière, la part du propriétaire du sol dans la mine et le terrain cédé au propriétaire de la mine, feront retour au propriétaire du sol, sans compensation; le minerai extrait pourra toutefois demeurer encore deux ans sur le terrain, pour le compte du propriétaire de la mine, et sans être sujet à redevance.

Les constructions à l'intérieur de la mine, effectuées pour la solidité et le maintien des ouvrages, appartiendront, sans indemnité, à celui qui obtiendra ultérieurement, dans les formes légales, le droit d'exploiter la mine.

ART. 49. — Les dispositions de ce chapitre ne sont pas applicables aux permis délivrés sous la législation antérieure pour extraire du minerai lacustre ou de marais, et pour ramasser des minerais ou des scories.

CHAPITRE VI.

DE LA POLICE DE L'EXPLOITATION DES MINES.

ART. 50. — L'administration des mines exerce sur l'exploitation des mines la surveillance nécessaire pour procurer la sécurité au personnel ouvrier, et empêcher l'emploi de procédés de fouille de nature à compromettre l'avenir de la mine ou à mettre en péril la propriété d'autrui.

Quiconque ne se conforme pas aux prescriptions émanées de l'administration supérieure des mines ou du directeur des mines en exécution de cet article, sera puni de 10 à 500 *kronor* d'amende (14 à 700 francs).

ART. 51. — En ce qui concerne les travaux de fouille, on devra spécialement observer les règles suivantes : il sera réservé un nombre suffisant de piliers et de massifs, et s'il en est besoin, il sera employé des boisements et revêtements ; lorsque l'exploitation aura lieu par remblayage, les galeries et passages qui conduisent aux parties non fouillées devront être tenus ouverts ; les appareils pour monter et descendre dans la mine, les cordes de traction et les machines employées à l'exploitation, seront entretenus de manière à prévenir tout accident causé par négligence ; les terres provenant de la fouille ne pourront, sans la permission du directeur des mines, être jetées et laissées dans la mine, à moins qu'elles ne soient employées aux travaux de remblayage.

Une mine abandonnée ne pourra être de nouveau remplie sans l'autorisation du directeur des mines.

ART. 52. — Si le directeur des mines juge nécessaire de faire dans une mine des installations nécessaires pour la sécurité des ouvriers, ou pour garantir de tout danger l'avenir de la mine ou la propriété d'autrui, le directeur des mines mettra le propriétaire de la mine en demeure de les exécuter dans un délai déterminé, sous peine, en outre de la

sanction prévue par l'art. 50, de voir, suivant les circonstances, effectuer le travail à ses frais par les soins du directeur des mines, ou suspendre les travaux d'extraction jusqu'à ce que les mesures prescrites aient été prises.

Art. 53. — Si les travaux d'extraction entraînent des dangers particuliers pour les ouvriers, ou s'ils sont conduits de manière à mettre évidemment en péril l'avenir de la mine ou la propriété d'autrui, le directeur des mines pourra les interdire; et cette interdiction s'exécutera jusqu'à ce qu'il en ait été autrement ordonné par l'administration supérieure sur le recours de l'intéressé.

Art. 54. — Lorsque le directeur des mines aura prononcé la suspension des travaux, il pourra, pour l'exécution de sa décision, requérir, s'il en est besoin, l'aide de la force publique.

Art. 55. — Quiconque, dans une mine en exploitation, abat les piliers et massifs réservés pour la solidité et la conservation de la mine, ou dérange les constructions édifiées à cet effet, sera puni de dix à mille *kronor* (14 à 1,400 francs) d'amende. Si le fait a lieu dans une mine abandonnée, ou si cette mine est remplie de nouveau sans l'autorisation du directeur des mines, la peine sera de dix à cinq cents *kronor* d'amende.

Art. 56. — En cas de transmission du droit à un gisement assigné par permis ou exploité, le nouveau propriétaire devra, sous peine de 10 *kronor* d'amende, en informer le directeur des mines dans le délai de quatre-vingt-dix jours.

Art. 57. — Il devra être dressé un plan exact et complet, à l'échelle de 1/800, de toute mine qui aura donné lieu à la fixation d'un périmètre définitif et qui sera en exploitation, lorsque les travaux ne se feront pas complètement à ciel ouvert; tous nouveaux travaux seront portés sur ce plan au plus tard avant la fin de l'année suivante.

Le plan sera dressé, aux frais du propriétaire de la mine, par le garde-mines ou tout autre individu déclaré, par l'administration des mines, capable de procéder à des arpentages de mines; le plan et les travaux complémentaires seront dressés en double exemplaire, dont l'un se trouvera à la mine ou y sera tenu à la disposition du directeur des mines quand il le demandera, et l'autre sera adressé à l'administration supérieure des mines.

Faute par le propriétaire de la mine de se conformer aux prescriptions ci-dessus, le directeur des mines fera dresser ou compléter le plan à ses frais.

Art. 58. — Avant le 1er mars de chaque année, le propriétaire de la mine adressera au directeur des mines un relevé du minerai extrait au cours de l'année précédente, ainsi que les autres documents statistiques que l'administration supérieure des mines pourra réclamer.

Faute par le propriétaire de la mine de se conformer aux dispositions de cet article, il paiera 10 *kronor* d'amende, et le directeur des mines fixera un nouveau délai, chaque fois sous peine d'amende qui ne pourra dépasser 75 *kronor*.

Art. 59. — Ne donneront pas lieu aux amendes prévues par la présente loi, les infractions punies par la loi commune.

Les amendes qui seront prononcées en exécution de cette loi profiteront au Trésor public.

Au cas où elles seraient irrécouvrables, elles seront converties conformément à la loi commune.

Art. 60. — Les contraventions aux prescriptions de ce chapitre pourront être poursuivies par le ministère public, lorsqu'elles seront dénoncées par le conducteur des mines ou par l'intéressé.

CHAPITRE VII.

DE LA COPROPRIÉTÉ DES MINES.

Art. 61. — Lorsque deux ou plusieurs personnes prendront part à la même entreprise minière, les cointéressés devront chaque année désigner pour administrer la mine un préposé qui sera tenu, sous les sanctions prescrites, d'observer les dispositions de la présente loi sur la police de mines.

Le choix du préposé sera notifié au directeur des mines. Faute de ce faire, chaque cointéressé sera responsable comme s'il était lui-même préposé à l'entreprise.

Art. 62. — Le préposé pourra réclamer des cointéressés les fonds nécessaires pour satisfaire à l'obligation du travail, ou payer les redevances prévues au chapitre V, ainsi que pour se conformer aux mesures de police prescrites par l'administration des mines.

Art. 63. — Les assemblées des intéressés pourront être provoquées par le préposé ainsi que par le propriétaire de moitié au moins de la mine. Les convocations à l'assemblée seront adressées aux intéressés par écrit, au moins quatorze jours à l'avance, et insérées, au moins trente jours à l'avance, dans les journaux ; elles seront également publiées

deux fois par lecture publique à l'église de la paroisse ou de l'assemblée paroissiale dans laquelle la mine est située, la dernière fois quatorze jours au moins avant l'assemblée.

ART. 64. — Pour le vote à l'assemblée, en ce qui touche les fonds à fournir pour l'exploitation ou tous autres objets concernant l'entreprise, la voix de chaque intéressé sera comptée en proportion de la part dans la mine; la décision de la majorité fera loi.

L'élection du préposé aura lieu au vote par têtes et au scrutin.

Aucun emprunt ne pourra être contracté pour le compte des intéressés, s'ils n'y ont consenti à l'unanimité.

ART. 65. — Faute par un cointéressé de verser sa part des fonds votés à l'assemblée ou réclamés par le préposé conformément à l'art. 62, il en sera dûment mis en demeure à l'expiration du délai prescrit, et s'il n'a rien payé dans les soixante jours de cette mise en demeure, il sera déchu, au profit des autres intéressés, de sa part dans la mine et ses dépendances; il recevra toutefois le prix de sa part dans les terrains et autres immeubles dépendant de la mine; il sera d'ailleurs libéré de l'obligation de verser sa part des fonds votés.

ART. 66. — Si quelques intéressés veulent pousser l'exploitation plus activement et d'autres moins, en cas de partage des voix, celui qui propose l'exploitation la plus étendue aura voix prépondérante; toutefois il devra en ce cas faire seul les fonds nécessaires pour le surcroît de travaux qu'il réclame au delà de ce que demandent les autres; cette avance ne lui donnera d'autre droit contre ses cointéressés que d'en poursuivre le remboursement, pour le capital et les intérêts à 5 p. °/o, sur la quantité de minerai extraite pour le compte des intéressés et correspondant à la différence.

Celui qui a fourni des fonds a droit de saisir le minerai pour sa garantie, et de le faire vendre aux enchères publiques, après signification à ses cointéressés, pour se rembourser de ses avances.

ART. 67. — Lorsque les cointéressés ont constitué une société, et que les statuts sociaux adoptés par eux contiennent des règles différentes sur les points prévus au présent chapitre, ces règles s'exécuteront; mais la société devra toujours élire un préposé avec les attributions déterminées à l'art. 61 et notifier l'élection au directeur des mines sous la sanction prévue à cet article.

CHAPITRE VIII.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES.

Art. 68. — Aucun étranger ne peut, en Suède, exploiter un gisement ayant fait l'objet d'un permis, ni exercer l'industrie minière, à moins que sur sa demande spéciale d'installer et de poursuivre des travaux sur un gisement ou sur une mine, le roi n'ait jugé à propos de lui en accorder l'autorisation; tous travaux de recherche ou d'exploitation qu'un étranger aura exécutés ou fait exécuter sans cette autorisation, seront sans effet pour la conservation de son droit à cet égard. Cette disposition n'aura toutefois aucune application aux gisements et mines possédés par des étrangers en vertu de droits anciens dûment acquis.

Tout permis d'exploiter qui pourra être délivré à un étranger, sur sa demande, contiendra cette réserve, que son droit d'exploiter et de s'approprier le minerai désigné dépend de l'autorisation à accorder par le roi; s'il demande cette autorisation dans les trois mois de la délivrance du permis, et si elle lui est accordée, le délai dans lequel les travaux doivent commencer aux termes de l'art. 14, courra du jour où cette autorisation lui aura été accordée, et la première exploitation commencera le 1er janvier suivant.

Art. 69. — (Disposition transitoire).

Art. 70. — Les recours contre les décisions du directeur des mines, sur des questions que la présente loi ne place pas dans la compétence des tribunaux, seront formés devant l'administration supérieure des mines, sous forme de requête en pourvoi, qui sera déposée, pour les affaires venant des provinces de Norrbotten, Vesterbotten, Jemtland et Vesternorrland, le quarante-cinquième jour avant midi, et pour les affaires venant des autres provinces, le trentième jour avant midi, à dater de la notification de la décision attaquée.

Art. 71. — La présente loi entrera en vigueur le 1er janvier 1885. A cette date seront abrogées la loi du 12 janvier 1855 sur les mines et la loi du 12 avril 1872 concernant le droit pour les étrangers d'exploiter des mines en Suède, sauf en ce qui touche les mines de charbon, qui resteront régies jusqu'à nouvel ordre par les textes précités et par l'ordonnance royale du 24 mai 1872, interdisant à l'avenir la délivrance de permis pour les gisements de charbon.

Art. 72-73. — (Dispositions transitoires).

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

I. Caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs. — Examen des comptes de l'année 1883 par la Commission permanente (1) instituée conformément a l'arrêté royal du 17 aout 1874, en exécution de l'article 4 de la loi du 28 mars 1868.

CHAPITRE PREMIER

Ensemble des opérations des Caisses (2)

Ce chapitre concerne, dans leur ensemble, les opérations des six Caisses communes de prévoyance, pendant l'année 1883, la quarante-quatrième de leur existence légale.

Les tableaux annexes I et II, résument comme les années précédentes les opérations et les renseignements statistiques consignés dans les rapports annuels des commissions administratives.

(1) Par suite de diverses mutations provoquées par les mises à la retraite de M. Jochams, administrateur-inspecteur général des mines, président, et de M. Laguesse, ingénieur en chef, directeur des mines, la Commission est composée comme suit :

MM. Hamal, Ch., directeur-divisionnaire des mines, à Liège, président ;
Benoit-Faber, A., industriel, membre de la Commission administrative de la Caisse de Namur ;
Braconnier, E., sénateur, membre de la Commission administrative de la Caisse de Liège ;
Gravez, A., industriel, membre de la Commission administrative de la Caisse du Centre, à La Louvière ;
Harzé, E., ingénieur en chef, directeur des mines, directeur à l'Administration centrale ;
Jacquier, F.-A., commissaire d'arrondissement, à Neufchâteau, membre de la Commission administrative de la Caisse du Luxembourg ;
Jouniaux, E., industriel, membre de la Commission administrative de la Caisse de Charleroi ;
Lambert, Ch., directeur-divisionnaire des mines, à Mons ;
Laporte, L., industriel, vice-président de la Commission administrative de la Caisse du Couchant de Mons ;
Witmeur, Henri, ingénieur principal des mines, membre-secrétaire.

(2) Rapporteur : M. Harzé.

Les faits essentiels qui ressortent de ces tableaux, seront exposés suivant l'ordre adopté dans le dernier compte-rendu.

§ 1. Renseignements statistiques.

182 établissements industriels ont été affiliés en 1883, aux diverses Caisses. Ils se répartissent comme suit :

147 charbonnages ;
2 mines métalliques ;
6 minières ;
7 carrières ;
8 usines ;
2 sociétés de transport.

108,969 ouvriers ont été occupés dans ces 182 établissements; ce qui donne, par rapport à l'année 1882, une diminution de 6 établissements et une augmentation de 4,459 travailleurs.

Les salaires se sont chiffrés à la somme de 106,040,824 francs pour 32,460,048 journées de travail. L'année précédente, il avait été payé 99,216,215 francs pour 31,217,348 journées.

Les taux moyens du salaire annuel et du salaire journalier ont été en 1883 respectivement de fr. 973-13 et de fr. 3-27. Par rapport à 1882, c'est une augmentation de fr. 23-78 sur le salaire annuel et de fr. 0-09 sur le salaire journalier.

Le tableau suivant indique le mouvement qui s'est produit dans l'effectif de la population ouvrière affiliée et les salaires :

Années.	Nombre d'ouvriers.	Nombre de journées.	Montant des salaires.	Salaire moyen par an.	Salaire moyen par journée.
1878	101,726	29,014,417	84,082,612	826 57	2 90
1879	100,624	29,246,230	82,391,385	818 80	2 82
1880	106,633	31,677,357	96,446,427	904 47	3 05
1881	103,910	30,801,112	94,457,977	909 03	3 07
1882	104,510	31,217,348	99,216,215	949 35	3 18
Moyennes.	103,481	30,391,293	91,318,923	882 47	3 00

Les chiffres globaux de l'année 1883 accusent donc une augmentation assez sensible sur ceux des cinq dernières années.

§ 2. Recettes et dépenses des Caisses communes de prévoyance.

Le tableau-annexe II montre que les recettes de 1883 sont supérieures aux dépenses, d'une somme de fr. 107,912-84. L'année précédente, il y avait eu un déficit général de fr. 21,119-14.

Par suite du boni en 1883, le fonds de pension s'est élevé à 6,429,948 francs.

Voici les différences, en comparant les deux exercices :

Recettes :

En 1882.	fr.	1,910,742 73
En 1883.		2,000,860 32
Différence en plus . .	fr.	90,117 59

Dépenses :

En 1882.	fr.	1,931,861 87
En 1883.		1,892,947 48
Différence en moins . .	fr.	38,914 39

Le tableau ci-après renseigne les caisses qui ont clôturé leurs opérations en boni ou déficit, pendant l'année 1883 :

DÉSIGNATION des CAISSES.	MONTANT		DIFFÉRENCES	
	des recettes.	des dépenses.	en plus ou boni.	en moins ou déficit.
De Mons.	520,343 20	455,381 84	64,961 36	»
De Charleroi. . .	628,094 42	602,881 97	25,212 45	»
Du Centre. . . .	256,094 11	259,327 25	»	3,233 14
De Liège	532,538 21	506,742 68	25,795 53	»
De Namur. . . .	55,177 50	60,251 39	»	5,073 89
Du Luxembourg.	8,612 88	8,362 35	250 53	»
Totaux. . .	2,000,860 31	1,892,947 48	116,219 87	8,307 03
Différence en plus. . .	107,912 84		107,912 84	

De ce tableau ressort un boni total de fr. 116,219-87 pour les Caisses de Mons, de Charleroi, de Liège et du Luxembourg et un déficit de fr. 8,307-03 pour les Caisses du Centre et de Namur.

L'amélioration est donc considérable, si l'on se rapporte aux derniers exercices.

La différence reproduit le boni général de fr. 107,912-84.

Le tableau ci-après compare les recettes réalisées en 1882 et 1883 :

DÉSIGNATION des CAISSES.	RECETTES.		DIFFÉRENCES	
	1882.	1883.	en plus.	en moins.
De Mons.	497,987 14	520,343 20	22,356 06	»
De Charleroi. . .	590,916 15	628,094 42	37,578 27	»
Du Centre	251,978 88	256,094 11	4,115 23	»
De Liège.	508,158 48	532,538 21	24,379 73	»
De Namur	53,814 04	55,177 50	1,363 46	»
Du Luxembourg.	8,288 04	8,612 88	324 84	»
TOTAUX. . .	1,910,742 73	2,000,860 32	90,117 59	»
Différ. en plus pr 1883 .	90,117 59		90,117 59	

D'où, en plus, fr. 90,117-59 ; cette augmentation provient de toutes les caisses.

L'année précédente, les recettes, comparativement à celles de 1881, avaient déjà présenté une différence en plus de fr. 120,076-84. L'amélioration constatée alors, s'est donc accentuée.

Voici un tableau analogue pour les dépenses :

DÉSIGNATION des CAISSES.	DÉPENSES DE		DIFFÉRENCE	
	1882.	1883.	en plus.	en moins.
De Mons.	459,581 37	455,381 84	»	4,199 53
De Charleroi . .	654,290 29	602,881 97	»	51,408 32
Du Centre. . . .	245,667 69	259,327 25	13,659 56	»
De Liège	507,583 96	506,742 68	»	841 28
De Namur. . . .	58,118 86	60,251 39	2,132 53	»
Du Luxembourg.	6,619 70	8,362 35	1,742 65	»
Totaux. . .	1,931,861 87	1,892,947 48	17,534 74	56,449 13
Différ. en plus pr 1882.	38,914 39		38,914 39	

Ainsi, les dépenses des Caisses de Mons, de Charleroi et de Liège ont diminué de fr. 56,449-13, tandis que celles du Centre, de Namur et du Luxembourg se sont accrues de fr. 17,534-74.

Le tableau-annexe II fournit les sommes suivant lesquelles se décomposent les recettes et les dépenses globales relatives à l'année 1883, savoir :

Détail des recettes :

a. Retenues sur les salaires . . . . fr.	326,722	09
b. Cotisations des exploitants	1,335,337	89
c. Subvention de l'État	44,521	20
d. Subvention des provinces.	9,800	00
e. Intérêts des capitaux et autres recettes	284,479	14
Ensemble . . . fr.	2,000,860	32

Détail des dépenses :

a. Montant des pensions . . . . fr.	1,427,608	18
b. Montant des secours	418,537	75
c. Divers	503	06
d. Frais d'administration	46,298	49
Ensemble . . . fr.	1,892,947	48

Comparées à celles de 1882, les dépenses de 1883 sont diminuées de fr. 12,543-88 du chef des pensions, de fr. 20,461-11 du chef des secours ; elles sont augmentées de fr. 879-38 du chef des frais d'administration.

On remarquera également qu'en 1883, les cotisations des exploitants dépassent les retenues sur les salaires de fr. 1,008,615-80. Il est à remarquer que, pour les Caisses de Liège et de Charleroi, aucune retenue n'a été faite sur les salaires.

En supposant que les caisses n'eussent eu pour faire face à leurs dépenses que les retenues sur les salaires et les cotisations des exploitants, la différence entre les dépenses et les recettes se fût élevée à fr. 1,892,947-48 — 1,662,059-98 = fr. 230,887-50.

Voici les différences pour les trois derniers exercices, dans la même hypothèse :

1881 . . . . fr.	514,355 16
1882	383,455 91
1883	230,887 50
Total. . . fr.	1,128,698 57

Le nombre de personnes secourues en 1883 a été de 13,545 (1); il est inférieur de 396 par rapport à celui de l'année précédente. Par contre, le secours par tête a augmenté de 1 franc et s'est élevé ainsi à 136 francs.

Le tableau suivant renseigne le nombre des personnes secourues, ainsi que le montant des pensions et secours pendant la période quinquennale 1878-1882 :

ANNÉES.	NOMBRE de personnes secourues.	MONTANT DES PENSIONS ET SECOURS.	
		TOTAL.	Par personne.
1878	13,277	1,977,981 25	149
1879	13,636	1,894,739 83	139
1880	13,830	1,902,606 40	139
1881	14,123	1,877,191 55	133
1882	13,941	1,879,313 12	135
Moyennes. . .	13,761	1,906,366 43	140

Le nombre et l'importance des pensions viagères, des pensions temporaires et des secours extraordinaires accordés par les six Caisses de prévoyance, pour les mêmes années, sont indiqués ci-après ;

ANNÉES.	PENSIONS VIAGÈRES.		PENSIONS TEMPORAIRES.		SECOURS EXTRAORDINAIRES.	
	Nombre.	Montant.	Nombre.	Montant.	Nombre.	Montant.
1878	7,098	1,311,003 67	2,974	165,290 79	3,205	501,681 70
1879	7,372	1,259,269 25	3,119	160,034 48	3,148	475,436 10
1880	7,616	1,270,235 99	3,118	157,588 26	3,205	474,782 15
1881	7,839	1,259,262 65	3,131	158,842 05	3,153	459,586 85
1882	8,052	1,278,892 96	3,158	161,581 30	2,731	438,838 86
Moyennes.	7,595	1,275,732 90	3,100	160,567 38	3,088	460,065 13

(1) Y compris, au Centre, 10 veuves remariées.

Les nombres des pensions viagères, des pensions temporaires et des secours extraordinaires ont été respectivement de 7,995, de 2,983 et de 2,567. D'où, une diminution de 67, de 73 et de 66, par rapport aux nombres correspondants de l'année précédente.

Voici les moyennes des pensions et des secours accordés annuellement pendant la même période :

ANNÉES.	MONTANT MOYEN		
	de la pension viagère.	de la pension temporaire.	du secours.
1878 . . .	184	56	156
1879 . . .	171	51	151
1880 . . .	167	51	148
1881 . . .	161	51	146
1882 . . .	159	51	160
Moyennes .	168	52	149

Pour 1883, ces moyennes ont été respectivement de 159, 52 et 163 francs. Comparativement à l'année précédente, il y a eu augmentation de 1 et de 3 francs pour les taux moyens des pensions temporaires et les secours. — Le taux moyen des pensions viagères est resté le même.

Les pensions des vieux ouvriers et de leurs veuves étant facultatives pour les Caisses de Liège et de Namur, sont classées dans les comptes-rendus de ces associations parmi les secours extraordinaires. Au contraire, ces pensions étant statutaires pour les autres Caisses, figurent aux pensions viagères. Pour obtenir des données comparables, nous avons reporté dans le tableau ci-après, à la rubrique des pensions viagères, ces pensions facultatives des Caisses de Liège et de Namur :

DÉSIGNATION DES PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DE personnes secourues.		MONTANT DES PENSIONS et des secours.	
	1883	1882	1883	1882
1° *Pensions viagères.*				
a. Ouvriers mutilés incapables de travailler	2,604	2,573	493,502 22	487,778 76
b. Veuves d'ouvriers morts par accidents et d'ouvriers mutilés incapables de travailler .	2,594	2,619	452,424 59	458,321 47
c. Parents d'ouvriers morts par accident	380	381	47,639 53	48,564 98
d. Ouvriers vieux et infirmes.	3,116	3,224	464,205 56	470,214 95
e. Veuves d'ouvriers id. .	845	824	57,037 07	53,795 85
Ensemble. . . .	9,539	9,621	1,514,808 97	1,518,676 01
2° *Pensions temporaires.*				
f. Enfants d'ouvriers mutilés; de veuves d'ouvriers tués; orphelins de père et de mère d'ouvriers et de veuves d'ouvriers vieux et infirmes; frères et sœurs d'ouvriers tués.	2,978	3,156	155,170 09	161,258 60
3° *Secours.*				
g. Ouvriers blessés; parents d'ouvriers vieux et infirmes; veuves d'ouvriers idem; autres parents idem; dots de veuves se remariant . . .	1,028	1,164	176,166 87	199,216 20
Ensemble. . . .	13,545	13,941	1,846,145 93	1,879,150 81

Nous allons comparer les différentes catégories des pensions viagères, accordées pendant les deux exercices 1882 et 1883.

a. Du chef des ouvriers mutilés incapables de travailler, on constate une augmentation de 31 pensionnaires et d'une somme fr. 5,823-46.

b. Du chef des veuves d'ouvriers morts par accident, il y a eu une diminution de 25 pensionnaires et d'une somme de fr. 5,896-88.

c. Du chef des parents d'ouvriers morts par accident, on remarque 1 pensionnaire en moins et une dépense en plus de fr. 925-45.

d. Du chef des ouvriers vieux et infirmes, le nombre des personnes secourues a diminué de 8, et la dépense, de fr. 6,009-39.

e. Du chef de veuves, d'ouvriers vieux et infirmes, on constate une augmentation de 21 pensionnaires et d'une somme de fr. 3,241-22.

En résumé, il y a eu de 1882 à 1883, une diminution de 82 pensionnaires de la première catégorie et de fr. 3,867-04 du montant des pensions viagères.

Quant aux pensions temporaires et aux secours, le tableau montre que le nombre des personnes secourues a aussi été moindre en 1883, qu'en 1882, ainsi que les sommes dépensées.

Pour l'ensemble des catégories, il y a eu une diminution de 396 personnes et d'une somme de fr. 23,049-33.

En récapitulant les sommes reçues et celles dépensées par les six caisses de prévoyance, depuis leur origine légale (44 ans), on arrive aux résultats suivants :

48,496,164 francs, pour les recettes globales.
42,066,216 id. dépenses totales.

6,429,948 francs, pour le boni ou le fonds de pension.

18,504,663 francs ont été versés dans les caisses par les ouvriers pendant cette longue période; ils ont reçu 40,966,651 francs, c'est-à-dire, plus du double de leurs versements.

L'écart entre les versements et les distributions s'accentue d'autant plus, d'année en année, que les retenues sur les salaires pour contribuer à l'alimentation des caisses de Liège et de Charleroi ont été supprimées.

§ 3. Recettes et dépenses des caisses particulières de secours.

Les recettes de ces caisses se sont chiffrées en 1883 à fr. 1,420,088-39 (voir tableau-annexe II). En 1882, elles s'étaient élevées à fr. 1,435,257-44. D'où une diminution de fr. 15,169-05.

Voici comment se sont réparties ces sommes :

	1882.	1883.
Versements des ouvriers . . fr.	706,045 93	352,701 48
Id. des patrons	729,211 51	1,067,386 91
Totaux égaux. fr.	1,435,257 44	1,420,088 39

Quant aux dépenses totales, le tableau précité montre qu'elles se sont élevées à la somme de fr. 1,438,113-28.

Elles sont donc inférieures de fr. 21,936-23 à celles de 1882, qui s'élevaient à fr. 1,460,049-51.

Les dépenses excèdent donc les recettes de fr. 18,024-89.

Le tableau suivant renseigne les sommes dépensées pendant les cinq dernières années par catégorie de secours :

ANNÉES.	MONTANT DES SECOURS			
	en argent.	en médicaments.	en charbons et objets divers.	en honoraires des médecins.
1878	990,276 08	201,202 57	161,687 18	288,502 84
1879	1,004,127 03	204,095 26	158,376 44	288,886 17
1880	955,704 89	211,598 39	145,034 37	303,645 19
1881	934,458 39	216,402 75	119,286 46	302,550 05
1882	837,774 59	194,414 66	104,030 92	298,131 32
Moyennes.	944,468 20	205,542 73	137,683 09	296,343 11

En ajoutant les dépenses des caisses communes de prévoyance à celles des caisses particulières de secours, on arrive à une somme de fr. 3,331,060-76 distribuée au profit des ouvriers des sociétés affiliées.

Cette somme est inférieure de fr. 60,850-51 à celle de l'exercice 1882.

Accidents déclarés par les sociétés affiliées.

358 accidents ont été déclarés en 1882 aux commissions administratives des six caisses. Ces accidents ont fait 381 victimes, dont 227 ouvriers tués et 154 blessés. Pour une population de 108,964 travailleurs, c'est, par 1,000 ouvriers, 3,5 accidents, 2,1 tués, 1,4 blessés et 3,5 victimes (1).

Le tableau suivant indique les résultats des cinq années antérieures :

(1) Il est à remarquer qu'il n'est question ici que des accidents pour lesquels l'intervention des caisses de prévoyance est obligatoire aux termes des statuts.

ANNÉES.	NOMBRE				
	d'accidents.	de tués.	de blessés.	de victimes.	d'ouvriers affiliés.
1878	521	174	372	546	104,726
1879	471	211	286	497	100,624
1880	454	238	274	512	106,633
1881	458	279	271	550	103,910
1882	407	205	219	424	104,510
Moyennes.	462	221	284	505	103,481
Nombres proportionnels par °°/₀₀ ouvriers affiliés.					
1878	5,1	1,7	3,7	5,4	1,000
1879	4,7	2,1	2,8	4,9	1,000
1880	4,3	2,2	2,6	4,8	1,000
1881	4,4	2,6	2,6	5,3	1,000
1882	3,9	2,0	2,1	4,1	1,000
Moyennes.	4,5	2,1	2,8	4,9	1,000

Les résultats de 1883 sont donc meilleurs, dans leur ensemble, que ceux de la période quinquennale considérée ci-dessus.

CHAPITRE II.

§ 1er. Caisse de Mons (1).

Le nombre des établissements associés est de 22 comme en 1882.

Pendant l'année 1883, ils ont occupé 28,949 ouvriers, soit 1,476 de plus que l'année précédente.

Le nombre total des journées de travail a été de 8,571,804 et le montant des salaires de fr. 26,116,604.

Le salaire moyen annuel a été de fr. 899-84 et le salaire journalier, de fr. 3-04. Ces chiffres constituent une majoration sur les années antérieures comme le montre le tableau ci-après :

(1) Rapporteur : M. Lambert.

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		annuel.	journalier.
1878 . . .	26,907	7,631,590	20,518,887	762 58	2 68
1879 . . .	26,304	7,631,359	19,737,198	756 90	2 61
1880 . . .	28,180	8,567,284	24.436,483	867 15	2 85
1881 . . .	27,064	8,208,664	23,219,140	857 93	2 82
1882 . . .	27,473	8,362,816	24,516,972	890 72	2 93
Moyennes .	27,166	8,080,343	22,485,736	827 06	2 78
1883 . . .	28,949	8,571,804	26,116,604	899 84	3 04

A. — *Caisse commune de prévoyance.*

Les recettes de l'année 1883, ont été :

Retenues sur les salaires des ouvriers. . . . . fr.	195,874 53
Cotisations des exploitants	195,874 53
Subvention extraordinaire en vertu de l'art. 5 des statuts	20,892 48
Subside de l'Etat	11,018 91
Id. de la province	2,017 50
Intérêts des capitaux	94,665 25
Total. . fr.	520,343 20

Sept sociétés ont contribué à la subvention extraordinaire.

Les dépenses ont été de :

Pensions et secours. . . . . fr.	439,355 25
Frais d'administration	16,026 59
Total. . fr.	455,381 84

Les recettes ont dépassé les dépenses de fr. 64,961-36, somme de beaucoup supérieure à la subvention extraordinaire.

Au 31 décembre 1883, l'avoir de la caisse s'élevait à fr. 1,916,172-98.

Voici pour les six dernières années le relevé des recettes et des dépenses :

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.	EXCÉDENT DES	
			Recettes.	Dépenses.
1878 . . .	479,737 80	487,309 89	»	7,572 09
1879 . . .	453,186 29	449,804 21	3,382 08	»
1880 . . .	490,417 13	446,324 10	44,093 03	»
1881 . . .	486,803 98	450,921 24	35,882 74	»
1882 . . .	497,988 14	459,581 37	38,406 77	»
Moyennes .	481,626 67	458,788 16	»	»
1883 . . .	520,343 20	455,381 84	64,961 36	»

On voit que les recettes de 1883 ont dépassé celles de 1882, de fr. 22,355-06 et que les dépenses, au contraire, ont été inférieures de fr. 4,199-53.

Comparativement à la moyenne des cinq dernières années, les recettes de 1883 présentent une augmentation de fr. 38,716-53 et les dépenses, une diminution de fr. 3,406-32

La Caisse de prévoyance a accordé, en 1883, des pensions du chef de 65 accidents survenus pendant l'année et par suite desquels 40 ouvriers ont été tués et 25 blessés grièvement.

Le tableau ci-après indique pour les six dernières années le nombre de personnes pensionnées et le montant des pensions :

ANNÉES.	NOMBRE de personnes pensionnées.	MONTANT DES PENSIONS.	
		Total.	Par personne.
1878	3,562	470,705 51	132 15
1879	3,813	433,257 86	113 62
1880	3,724	430,348 33	115 57
1881	3,747	435,361 94	116 19
1882	3,744	446,519 26	118 73
Moyennes . .	3,718	442,838 58	119 15
1883	3,636	439,355 25	120 83

Le relevé suivant donne la répartition des pensions en viagères et temporaires pour les années de 1878 à 1883 :

ANNÉES.	PENSIONS VIAGÈRES.		PENSIONS TEMPORAIRES.	
	Nombre.	Montant.	Nombre.	Montant.
1878.	2,389	422,674 05	1,173	48,029 46
1879.	2,508	383,629 73	1,305	49,628 73
1880.	2,507	382,275 55	1,217	48,072 78
1881.	2,560	388,046 36	1,187	47,315 58
1882.	2,562	397,533 18	1,182	46,986 08
Moyennes . .	2,505	394,831 77	1,213	48,006 52
1883.	2,523	394,895 59	1,113	44,459 66

Voici le détail des diverses catégories des pensions pour les deux dernières années :

DÉSIGNATION DES PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DES PENSIONNÉS.		MONTANT DES PENSIONS	
	1882	1883	1882	1883
A. — *Pensions viagères.*				
Ouvriers mutilés, incapables de travailler.	1,043	995	192,045 43	188,350 08
Veuves d'ouvriers ayant péri par accident.	1,158	1,160	166,423 76	168,016 85
Veuves de vieux ouvriers . .	82	90	5,974 28	6,525 47
Vieux parents d'ouvriers tués.	45	42	6,635 32	5,994 95
Vieux ouvriers.	234	236	26,454 39	26,008 24
B. — *Pensions temporaires.*				
Enfants et orphelins	1,182	1,113	46,986 08	44,459 66

Au 31 décembre 1883, l'avoir général de la Caisse était de. . . . . fr. 1,916,172 98

Le montant des charges 408,742 20

Reste. . . fr. 1,507,430 78

B. — *Caisses particulières de secours.*

Depuis le 1er janvier 1881, les retenues qu'on faisait aux ouvriers en faveur des Caisses de secours sont supprimées.

Celles-ci sont exclusivement alimentées par les sociétés.

Le tableau suivant fait connaître les dépenses pendant l'année 1883 et les cinq années précédentes :

ANNÉES.	MONTANT DES SECOURS EN			HONORAIRES des MÉDECINS.	DÉPENSES TOTALES.
	Argent.	Médicaments.	Charbon objets divers.		
1878	267,996 41	27.992 18	64,343 42	92,217 13	452,549 14
1879	284,807 26	26,987 21	60,241 12	96,130 93	468,166 52
1880	277,072 12	31,294 61	56,474 73	95,539 13	460,360 49
1881	234,115 55	18,224 82	20,506 50	93,199 10	366,045 97
1882	212,549 71	13,594 64	12,154 49	86,942 75	325,238 59
Moyenne.	255,308 21	23,618 69	42,743 45	92,805 81	414,472 14
1883	195,588 89	13,894 40	12,465 89	88,815 78	310,764 96

Une somme de fr. 23,328-32 a été en outre dépensée pour certaines œuvres spéciales par différentes sociétés.

Le nombre de personnes secourues par les caisses particulières de secours a été pendant les six dernières années de :

1878	11,756
1879	10,849
1880	11,123
1881	9,744
1882	9,174
Moyennes	10,529
1883	8,296

§ 2. — Caisse de Charleroi (1).

Le nombre des établissements affiliés en 1883 a été de 49, dont 48 charbonnages et un établissement métallurgique. Ces établissements ont employé 36,572 ouvriers, qui ont produit 11,030,693 journées, ou 301 chacun, représentant un salaire de fr. 36,522,321-01, soit un salaire moyen de fr. 998-64 pour l'année et de fr. 3-32 par journée de travail toutes catégories réunies.

(1) Rapporteur : M. Jouniaux.

Voici la comparaison des données ci-dessus avec celles provenant de la moyenne des années 1878 à 1882 et les chiffres de 1882 :

	NOMBRE d'ouvriers.	NOMBRE de journées.	NOMBRE de journées par ouvrier.	MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN par an.	SALAIRE MOYEN par jour.
Moyenne des années 1878 à 1882 .	34,384	10,051,458	292	30,487,633 46	886 68	3 03
Année 1882 .	35,299	10,474,835	296	34,211,171 21	969 18	3 26
Année 1883 .	36,572	11,030,693	301	36,522,321 01	998 64	3 32
Augmentation pour 1883 . . .	1,273	555,858	5	2,311,149 80	29 46	0 06

L'amélioration révélée par ces chiffres n'est pas la seule ; en effet, les nouveaux statuts ont permis de réaliser une économie de fr. 43,812-04 sur les dépenses ; d'autre part, la majoration de fr. 2,311,149-80 sur les salaires payés a produit une augmentation de fr. 34,667-27 sur la cotisation des exploitants. Il en est résulté un boni de fr. 25,212-45 sur les opérations de 1883.

Pendant l'année 1883, les recettes se sont élevées à fr. 628,094-42, savoir :

Cotisation des exploitants à 1 1/2 p. °/₀ des salaires payés aux ouvriers . . . . fr.	547,834 73
Subside de l'Etat	14,754 79
Subside de la province	2,815 25
Intérêts des capitaux et bénéfices sur réalisations de valeurs, etc.	62,689 65
Total. . . fr.	628,094 42
Les recettes de 1882 s'élèvent à.	590,516 15
Soit donc pour 1883 une majoration de . . . fr.	37,478 27
Les dépenses s'élèvent à	602,881 97
Se décomposent comme suit :	
Pensions viagères. . . . . fr.	381,585 28
Pensions temporaires.	66,816 43
Secours.	137,546 75
Frais d'administration et frais de bureau. . . .	16,430 45
Frais divers.	503 06
Total. . . fr.	602,881 97

Les recettes sont de fr. 25,212-45 supérieures aux dépenses pour l'exercice 1883, tandis que l'exercice précédent avait donné un déficit de fr. 63,774-14.

Néanmoins la somme affectée aux pensions et aux secours, dépasse de fr. 38,113-73 le montant de la cotisation des exploitants.

L'avoir de l'institution était au 31 décembre 1882 de	fr.	1,412,915 11
En y ajoutant le boni de l'exercice 1883		25,212 45
On trouve un total de	fr.	1,438,127 56

dont les 97/100 sont représentés par de la rente belge.

Voici, pour les recettes et les dépenses, la moyenne des cinq dernières années, c'est-à-dire de 1878 à 1882, rapprochée des données correspondantes pour 1882 et 1883 :

	RECETTES.	DÉPENSES.	DIFFÉRENCE.	
			BONI.	DÉFICIT.
Moyenne de 1878 à 1882.	559,755 56	724,060 14	»	164,304 56
Année 1882	590,516 15	654,290 29	»	63,774 14
Année 1883	628,094 42	602,881 97	25,212 45	»

Le retour à meilleure situation que l'on remarque pour 1883, est surtout attribuable à l'application des nouveaux statuts ; à l'avenir, il faut l'espérer, les ressources suffiront pour faire face aux charges de l'institution.

Ces charges étaient, au 31 décembre 1883 de fr. 563,298-27, dont fr. 433,113-70 pour pensions diverses et fr. 130,184-57, par appréciation, pour les secours obligatoires à délivrer aux ouvriers blessés, aux termes de l'art. 19 des statuts.

En examinant le tableau *A*, indiquant les sommes versées en 1883, par les établissements affiliés, et celles distribuées pendant la même année en vertu des statuts, on trouve que 22 sociétés ont versé fr. 44,769-63 de plus qu'elles n'ont reçu et que 28 autres sociétés ont reçu fr. 82,883-36 de plus qu'elles n'ont versé.

Ce fait se présente chaque année à peu près pour les mêmes sociétés.

Pendant l'année 1883, 91 ouvriers ont perdu la vie accidentellement et 31 ont été plus ou moins grièvement blessés ; un coup de grisou et un coup d'eau ont fait 11 victimes.

Il existait au 1er janvier 1883, 2,294 pensions viagères.
Il en a été accordé pendant l'année 61 id.
Soit ensemble 2,355

Les pensions temporaires au 1er janvier 1883 étaient au nombre de. 1,133
Il en a été accordé pendant l'année 95
Soit ensemble. . 1,228

En tenant compte des extinctions produites par les décès ou par d'autres circonstances prévues par les statuts, le chiffre des pensions viagères se réduit à 2,199
Et celui des pensions temporaires à 1,074
Soit ensemble. . 3,273

Le tableau suivant indique le nombre de personnes secourues et le montant de la dépense en pensions et secours :

	NOMBRE de PERSONNES SECOURUES.	MONTANT DES PENSIONS et des SECOURS.	SOMME PAYÉE à chaque personne secourue.
Période quinquennale de 1878 à 1882 (moyenne).	4,802	703,372 93	146 47
Année 1882	4,716	629,760 50	133 54
Année 1883	4,378	585,948 46	133 84

Le nombre de personnes secourues est en progression décroissante et il doit en être ainsi, pour les raisons que nous avons indiquées dans notre dernier rapport.

Le relevé ci-après donne la répartition des pensions tant viagères que temporaires pour la période quinquennale de 1878 à 1882 et pour les années 1882 et 1883 séparément :

	PENSIONS VIAGÈRES.		PENSIONS TEMPORAIRES.	
	Nombre.	Montant.	Nombre.	Montant.
Période quinquennale de 1878 à 1882 (moyenne)	2,229	429,931 49	1,212	68,819 67
Année 1882	2,447	398,338 48	1,292	69,859 82
Année 1883	2,327	381,585 28	1,206	66,816 43

Le tableau qui suit contient le détail des pensions par catégories :

DÉSIGNATION des CATÉGORIES.	NOMBRE.			MONTANT DES SOMMES PAYÉES.		
	Moyenne de 1878 à 1882	1882.	1883.	Moyenne de 1878 à 1882.	1882.	1883.
Pensions viagères.						
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	299	323	320	74,883 81	75,964 09	74,687 04
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident	480	519	501	128,806 64	134,882 74	127,477 09
Parents d'ouvriers qui ont péri par accident	52	47	45	8,792 74	7,603 16	7,044 58
Ouvriers vieux et infirmes	982	1,081	1,005	177,347 92	151,681 90	144,234 32
Divers	415	477	456	40,099 90	28,206 59	28,142 25
Pensions temporaires.						
Enfants, frères et sœurs et orphelins	1,212	1,292	1,206	68,819 67	69,859 82	66,816 43

La commission administrative a continué pendant l'année 1883 à délivrer les pensions et les secours d'après le tarif appliqué pendant l'année précédente.

Le montant des pensions accordées en 1883 s'élève à	fr.	18,800 »
Celui des pensions éteintes est de		34,220 »
Soit une diminution de	fr.	15,420 »

Dans le chiffre des extinctions est comprise la somme de fr. 11,800 payée en 1883 à titre de dot à 16 veuves d'ouvriers tués et à 2 veuves d'ouvriers vieux et infirmes (art. 25 des statuts).

Caisses particulières de secours.

Comme pour les caisses de prévoyance, les sociétés affiliées ont décidé de supprimer toutes retenues quelconques sur les salaires au profit des caisses particulières de secours.

A partir du 15 septembre 1882, ces caisses sont exclusivement alimentées par les exploitants, qui doivent prendre à leur charge toutes les dépenses qu'elles exigent.

Les dépenses réunies des caisses particulières de secours s'élèvent à la somme de fr. 463,092-35, savoir :

Secours en argent	fr.	221,930 69
Médicaments		67,539 67
Charbon		7,332 49
Vivres		230 90
Habillements		1,472 45
Frais d'hôpitaux		15,008 18
Dépenses diverses		29,300 19
	fr.	342,814 57
Honoraires des médecins		120,277 78
Ensemble	fr.	463,092 35

Voici, pour la période quinquennale de 1878 à 1882 et pour les années 1882 et 1883, le montant des dépenses totales des caisses de secours :

	DÉPENSES.			
	Honoraires des médecins.	Autres frais.	Ensemble.	Moyenne par ouvrier.
Période quinquennale de 1878 à 1882 (moyenne).	129,311 90	428,081 52	557,393 42	16.21
Année 1882	132,391 76	382,269 79	514,661 55	14.58
Année 1883	120,277 78	342,814 57	463,092 35	12.66

Pour la période quinquennale de 1878 à 1882, la somme dépensée en secours correspond à fr. 16-21 par ouvrier employé. Cette moyenne est de fr. 14-58 pour l'année 1882 et de fr. 12-66 seulement pour 1883, c'est-à-dire, de 13 1/4 p. °/₀ inférieure à celle de 1882 et de 22 p. °/₀ moins élevée que celle correspondante aux années antérieures:

On sait que d'après les nouveaux statuts mis en vigueur depuis le 15 septembre 1882, le délai pendant lequel les blessés restent à la charge des caisses de secours est notablement augmenté; il devrait en résulter une aggravation dans les dépenses; mais les changements apportés aux statuts de la caisse de prévoyance auront procuré l'occasion de réorganiser le service des caisses de secours et c'est à cela probablement que l'on doit l'amélioration signalée plus haut.

§ 3. — Caisse du Centre (1).

Comme l'année précédente, dix charbonnages sont affiliés à cette Caisse. Ce sont ceux de Bascoup, Mariemont, Carnières (sud) et Viernoy, La Hestre, Houssu, Sars-Longchamps, La Louvière, Bois-du-Luc, Strépy-Bracquegnies et Havré.

Le nombre d'ouvriers occupés en 1883 est de 13,486, dépassant de 593, le chiffre de 1882.

Le nombre des journées est de 4,045,800, supérieur de 177,900 à celui de l'année précédente.

Le montant des salaires est de 14,439,017 francs : il s'est accru comparativement à 1882 de 873,526 francs.

Le salaire annuel moyen de l'ouvrier est de fr. 1,070-67 ; il était de fr. 1,052-16 en 1882 et a en conséquence augmenté de fr. 18-51.

(1) Rapporteur : M. de Simony.

Le salaire journalier a progressé de 7 centimes [illegible] fr. [illegible] en 1882, il est arrivé à fr. [illegible] en 1883.

L'augmentation successive du salaire est presque constante depuis 1877, alors que les conséquences de la fièvre de [illegible]-1873 étaient épuisées.

Le tableau ci-dessous donne, pour la période [illegible]-1883, les moyennes annuelles et journalières du salaire :

ANNÉES	SALAIRES MOYENS	
	Par an.	Par journée.
1872	1.06[illegible] [illegible]	3 [illegible]
1873	1.240 2[illegible]	4 [illegible]
1874	1.30[illegible] 4[illegible]	4 [illegible]
1875	1.2[illegible] [illegible]	4 [illegible]
1876	1.11[illegible] 9[illegible]	3 [illegible]
1877	913 [illegible]	3 [illegible]
1878	9[illegible] 4[illegible]	3 [illegible]
1879	901 [illegible]	3 [illegible]
1880	9[illegible] 2[illegible]	3 [illegible]
1881	1.0[illegible] [illegible]	3 [illegible]
1882	1.052 1[illegible]	3 [illegible]
1883	1.070 [illegible]	3 [illegible]

Cette hausse de salaire est la conséquence de la tendance des exploitants à augmenter la production pour tâcher, en diminuant la quotité des frais généraux dans le prix de revient, de faire face à la situation difficile dans laquelle ils se trouvent depuis trop longtemps.

Malheureusement ce n'est pas l'abaissement du prix de revient qui fait le bénéfice ; c'est l'écart entre le prix de vente et le prix de revient. Si la production exagérée a pour effet de diminuer la quotité des frais généraux, elle a pour conséquence une augmentation de prix de la main d'œuvre d'abord, et surtout une dépréciation de la marchandise, ce qui fait souvent perdre aux exploitants beaucoup plus qu'ils ne gagnent du chef de l'abaissement de la quotité des frais généraux. [illegible] produit plus que la consommation du marché habituel, on

doit expédier dans les zones desservies par d'autres centres houillers et faire à ceux-ci une concurrence désastreuse au point de vue des intérêts des producteurs.

Voici le détail des recettes de la Caisse, pendant l'année 1883 :

Montant des retenues sur les salaires . . . . fr.	108,292 62
Cotisation des exploitants	108,292 63
Subvention de l'Etat	5,771 22
Id. de la province	1,167 25
Intérêts des capitaux placés.	32,570 39
Total, fr.	256,094 11

Mettons en regard des dépenses :

Pensions et secours	256,210 75
Frais d'administration	3,116 50
Total, fr.	259,327 25

Les dépenses ont donc assez notablement dépassé les recettes en 1883.

Voyons la balance des comptes de la Caisse depuis 10 ans :

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.	BONI.	DÉFICIT.
1874	253,922 26	177,063 14	76,859 12	»
1875	259,766 76	183,830 95	75,935 81	»
1876	233,787 79	192,142 51	41,645 28	»
1877	292,098 81	197,624 61	94,474 20	»
1878	249,221 57	200,608 05	48,613 52	»
1379	209,030 47	209,133 55	»	103 08
1880	229,434 22	223,183 »	6,251 22	»
1881	232,088 43	230,510 93	1,577 50	»
1882	251,978 88	245,667 69	6,311 19	»
1883	256,094 11	259,327 25	»	3,233 14

Ce tableau montre que depuis 10 ans, sauf une exception insignifiante en 1879, l'année 1883 seule se solde en déficit et vient entamer le capital de réserve; cette situation nouvelle demande un prompt remède.

C'est pourquoi la Commission administrative a cru devoir, en assemblée du 15 juillet dernier, procéder à une revision sévère des pensions, pour empêcher qu'aucun abus continue à subsister.

De plus, la commission administrative a limité le nombre et le taux des pensions affectées aux vieux ouvriers nécessiteux ; dans ce but elle a adopté les dispositions suivantes :

« La Commission pourra accorder une pension aux ouvriers nécessi-« teux qui, ayant travaillé au moins trente ans dans les exploitations « associées, se trouveront par leur âge et par les infirmités de la vieil-« lesse, hors d'état de gagner leur vie. (Art. 22 des statuts.)

« Au commencement de chaque année, la Commission de la Caisse « fixe l'importance de la somme affectée à l'octroi de ces pensions, qui « sont réparties entre les sociétés affiliées, au prorata de leurs cotisa-« tions pendant les cinq dernières années.

« Les pensions accordées aux vieillards ou infirmes en raison de ce « qui précède, sont fixées à quatorze francs par mois. Pour avoir droit « à la moitié de la pension dont jouissait son mari, la veuve d'un « ouvrier infirme doit être âgée de cinquante-huit ans révolus et avoir « été mariée pendant dix ans au moins avant la mise à la pension du « mari.

« La veuve d'un ouvrier infirme qui se remarie, perd sa pension et ne « reçoit pas de dot. »

Il est de toute justice que, dans le cas où les recettes de la Caisse ne suffisent plus aux dépenses, la réduction de celles-ci tombe principalement sur les vieux ouvriers et non sur les blessés ou les familles des tués, puisque ce n'est que par extension qu'on a appliqué les ressources de l'institution au soulagement d'infortunes qui se rencontrent au même degré dans toutes les professions manuelles et qui devraient plutôt être secourues par une caisse spéciale à créer, embrassant toutes catégories de travailleurs.

Le nombre de personnes secourues en 1883 s'élève à 1,761 ; il était de 1,579 en 1882, de sorte qu'il y a progression de 172 pour l'année que nous considérons ; il y a progression également sur le montant total des pensions et dotations ; elle est de fr. 13,127-06, c'est-à-dire, qu'en 1882, les secours distribués montaient à fr. 243,083-69, tandis qu'ils sont de fr. 256,210-75 en 1883.

Le tableau ci-dessous donne le détail de ces deux chiffres globaux :

DÉSIGNATION des PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE.		TOTAUX DES SOMMES DISTRIBUÉES.	
	1882	1883	1882	1883
Pensions viagères.				
Ouvriers mutilés et incapables de travailler	571	637	100,665 39	109,567 75
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident	183	216	37,024 »	38,997 »
Vieux parents d'ouvriers qui ont péri par accident	215	224	22,905 »	23,863 »
Vieux ouvriers infirmes . . .	340	339	52,296 »	51,466 »
Veuves de vieux ouvriers infirmes	314	328	25,340 »	26,329 »
Pensions extraordinaires.				
Orphelins.	17	17	989 30	1,164 »
Secours extraordinaires.				
Gratifications à des veuves remariées	»	»	3,864 »	4,824 »
Totaux. . .	»	»	243,083 69	256,210 75

Par l'inspection de ce tableau, on voit que l'augmentation constatée de 1883 sur 1882, porte presque toute entière sur les victimes d'accident et leurs veuves, orphelins ou vieux parents.

Les vieux ouvriers infirmes ou leurs veuves ne reçoivent que 159 francs en plus que l'année précédente.

Les exploitants se préoccupent donc de la situation de la Caisse au point de vue que je faisais ressortir plus haut, c'est-à-dire qu'ils limitent les dépenses facultatives pour que, avec les ressources ordinaires de l'institution, on puisse subvenir aux dépenses obligatoires.

C'est ainsi que le total des pensions de vieux ouvriers infirmes et de leurs veuves n'a plus guère augmenté depuis 4 ans environ, ce que le relevé ci-dessous constate :

ANNÉES.	SOMMES consacrées aux pensions des vieux ouvriers infirmes ou de leurs veuves.
1874	45,890 »
1875	68,415 »
1876	71,531 50
1877	73,234 »
1878	74,677 »
1879	76,249 »
1880	77,766 »
1881	77,687 »
1882	77,636 »
1883	77,795 »

Au 1er janvier 1883, les charges de la Caisse étaient de 244,575 fr.; elles sont de 256,902 francs au 31 décembre 1883, de sorte qu'elles sont augmentées de 12,327 francs.

D'un autre côté, comme nous l'avons dit plus haut, l'avoir de la Caisse a diminué de fr. 3,233-14 et il ne monte plus qu'à fr. 857,494-76 à l'expiration de l'exercice.

Il s'est produit en 1883, 37 accidents; 20 ouvriers ont été tués et 17 ont été blessés grièvement.

Le tableau ci-dessous donne la comparaison et le rapport avec le nombre d'ouvriers, de ces données, et de celles correspondantes pour les deux années antérieures :

ANNÉES.	Nombre d'ouvriers.	ACCIDENTS.		TUÉS.		BLESSÉS grièvement.	
		Nombre.	Proportion par 1,000 ouvriers.	Nombre.	Proportion par 1,000 ouvriers.	Nombre.	Proportion par 1,000 ouvriers.
1881	12,662	26	2.05	17	1.34	9	0.71
1882	12,893	27	2.10	13	1. »	14	1.09
1883	13,486	37	2.74	20	1.48	17	1.26

CAISSE PARTICULIÈRE DE SECOURS.

Recettes.

Retenues sur les salaires. . . . . fr.	61,331 51
Subvention des exploitants	61,331 51
Ensemble, fr.	122,663 02

Dépenses.

Montant des secours en argent . . . . fr.	122,181 39
Excédent des recettes sur les dépenses . . . fr.	481 63

En 1882, cet excédent était de fr. 3,260-43, mais pour les années précédentes, les dépenses dépassaient considérablement les recettes.

§ 4. CAISSE DE LIÈGE (1).

Le nombre des exploitations associées ayant opéré des versements à la Caisse pendant l'année 1883 a été de 59, savoir : 53 mines de houille et 6 mines métalliques.

Le tableau suivant permet de constater, pour ces établissements, en 1883, relativement aux chiffres correspondants tant de 1882 que des moyennes de la période quinquennale de 1878 à 1882, une légère diminution dans le nombre des ouvriers avec augmentation de celui des journées de travail accompagnée d'une augmentation assez marquée du salaire par an et par journée :

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		par an.	par journée.
1878 . . .	25,136	7,147,356	21,515,340	855	3 09
1879 . . .	24,579	7,080,311	20,991,222	854	2 97
1880 . . .	26,025	7,677,250	24,005,048	922	3 11
1881 . . .	25,183	7,352,160	23,737,543	942	3 22
1882 . . .	25,000	7,432,853	23,832,463	953	3 20
Moyennes.	25,185	7,337,986	22,816,322	905	3 12
1883 . . .	24,827	7,715,131	25,620,394	998	3 45

(1) Rapporteur : M. Hamal.

A. *Caisse commune de prévoyance.*

L'avoir de cette caisse, qui était de fr. 1,794,130-08 au 1er janvier 1883 s'est accru d'un boni de fr. 25,795-53, et est par suite de fr. 1,819,925-61 au 1er janvier 1884; la valeur nominale des fonds qui le représentent s'élève à fr. 1,956,364-98.

Le montant des charges annuelles à la même date est de 500,419 francs.

Les tableaux suivants permettent de comparer les résultats des opérations de cette caisse pendant l'année 1883 avec ceux des 5 années précédentes et avec les moyennes de cette période quinquennale :

1. — Recettes et dépenses.

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.	EXCÉDENT DES	
			Recettes.	Dépenses.
1878 . . .	413,367 47	472,672 63	»	59,306 16
1879 . . .	403,480 21	472,517 10	»	69,036 89
1880 . . .	443,909 30	476,174 10	»	32,264 80
1881 . . .	438,976 68	487,222 93	»	48,246 25
1882 . . .	508,158 48	507,583 96	574 52	»
Moyennes .	441,578 43	483,234 14	»	41,655 71
1883 . . .	532,538 21 (1)	506,742 68 (2)	25,795 53	»

(1) Cette somme se subdivise comme suit :

Contribution des exploitants à raison de 1 3/4 p. % du montant des salaires. . . . . fr. 439,888 58
Subsides du Gouvernement et de la province 14,402 65
Intérêts des capitaux placés 78,229 98
Recette extraordinaire . . . . 17 »

(2) Dans cette somme les frais d'administration entrent pour fr. 7,789-85, et les pensions et secours pour fr. 498,952-83.

2. — NOMBRE DES PERSONNES SECOURUES ET MONTANT DES SECOURS.

ANNÉES.	NOMBRE des personnes secourues.	MONTANT des pensions et secours.	PAR personne.
1878	3,214	466,377 25	—
1879	3,200	464,839 95	—
1880	3,225	467,990 84	—
1881	3,283	479,353 23	—
1882	3,402	499,532 66	146 80
Moyennes . . .	3,265	475,618 79	145 66
1883	3,322	498,952 »	150 02

3. — RÉPARTITION PAR CATÉGORIES.

ANNÉES.	PENSIONS VIAGÈRES.		PENSIONS TEMPORAIRES.		SECOURS EXTRAORDINAIRES	
	Nombre	Montant.	Nombre	Montant.	Nombre	Montant.
1878 . . .	1,113	192,376 25	527	39,210 »	1,574	234,791 »
1879 . . .	1,157	199,076 95	525	37,862 »	1,518	227,901 »
1880 . . .	1,184	203,808 40	536	37,477 44	1,505	226,705 »
1881 . . .	1,214	209,949 »	540	38,517 23	1,529	230,887 »
1882 . . .	1,239	216,389 80	566	40,435 20	1,597	242,707 66
Moyennes .	1,181	204,320 04	539	38,700 37	1,545	232,598 33
1883 . . .	1,239	215,360 »	545	39,425 »	1,538	244,167 »

Ce tableau montre que les montants des secours par personne sont restés sensiblement en 1883, ce qu'ils ont été pendant la période quinquennale précédente : 174 francs au lieu de 173 pour les pensions viagères ; fr. 72-50 au lieu de 72 pour les pensions temporaires ; fr. 150-50 au lieu de fr. 150-25 pour les secours extraordinaires.

4. — DÉTAI

DÉSIGNATION des PERSONNES SECOURUES.	NOMBRE DE PERSONNES SECOURUES.						
	1878	1879	1880	1881	1882	1878 à 1882 moyenne.	1883
Pensions viagères.							
Ouvriers mutilés	506	540	553	577	581	550	592
Veuves d'ouvriers qui ont péri par accident	519	529	542	542	565	539	559
Veuves d'ouvriers mutilés. . .	15	17	18	26	25	20	25
Vieux parents d'ouvriers tués. .	73	71	71	69	68	70	63
Pensions temporaires.							
Orphelins de père et de mère . .	17	12	10	10	8	11	[illegible]
Enfants de veuves	510	513	526	530	558	528	53[illegible]
Secours extraordinaires.							
Vieux ouvriers infirmes . . .	1,540	1,497	1,483	1,504	1,540	1,513	1,50[illegible]
Indemnités aux veuves remariées.	14	11	11	17	9	12	[illegible]
Pères et mères d'ouvriers qui ont péri par accident	20	10	11	8	48	19	[illegible]

Il résulte de ce tableau qu'en 1883 :

1° Les pensionnés viagèrement ont reçu en moyenne chacun 185, 164, 93 ou 157 francs, suivant qu'ils appartiennent à la première, à la deuxième, à la troisième ou à la quatrième catégorie;

2° Les pensionnés temporairement ont reçu en moyenne chacun 121

DES CATÉGORIES.

MONTANT DES SOMMES DISTRIBUÉES.						
1878	1879	1880	1881	1882	1878-1882 (moyenne)	1883
93,162 »	97,911 70	101,150 40	106,753 »	109,041 80	101,603 »	109,384 »
87,251 25	88,619 25	90,252 »	90,204 »	94,632 »	90,192 »	93,772 »
1,422 »	1,614 »	1,406 »	2,232 »	2,112 »	1,757 »	2,322 »
10,541 »	10,932 »	11,000 »	10,760 »	10,604 »	10,847 »	9,882 »
2,042 »	1,387 20	1,422 »	1,087 »	943 20	1,376 »	1,087 »
37,168 »	36,474 80	36,055 44	37,430 23	39,492 »	37,330 »	38,338 »
0,211 »	224,476 »	223,255 »	226,847 »	235,932 66	228,144 »	239,272 »
3,150 »	2,475 »	2,475 »	3,390 »	2,025 »	2,703 »	3,495 »
1,430 »	950 »	975 »	650 »	4,750 »	1,751 »	1,400 »

ou 71 francs, suivant qu'ils sont orphelins de père et mère ou enfants de veuves;

3° Que la moyenne du secours extraordinaire d'un vieil ouvrier infirme a été de 159 francs. Cette moyenne est de 153 francs pour 1882, et de 151 francs pour la période quinquennale 1878-1882.

B. — *Caisse*

Les renseignements recueillis sur ces caisse

CATÉGORIS.	NOMBRE d'établissements.	NOMBRE DE CAISSES.	OUVRIERS.	
			NOMBRE.	SALAIRES.
Exploitations sans caisses particulières . . .	4	»	364	344,300
Exploitations avec caisses particulières.				
1) Situation inconnue, les renseignements ayant été refusés	6	6	2,308	2,338,710
2) Situation inconnue : la caisse ne formant qu'une seule et même caisse avec la caisse de prévoyance de l'établissement	2	1	386	314,350
3) Situation imparfaitement connue faute de renseignements sur les recettes.	1	1	330	338,650
4) Situation imparfaitement connues, les renseignements donnant les recettes et les dépenses globales	1	1	51	52,550
Situation ainsi accusée.				
a) Caisses alimentées exclusivement par des retenues sur les salaires	20	20	8,569	8,655,052
b) Caisses alimentées exclusivement par les subventions des exploitants	17	17	12,572	12,623,432
c) Caisses mixtes	6	6	1,069	953,350
	57	52	25,649	25,620,394

rticulières de secours.

résument, pour 1883, ainsi qu'il suit :

RECETTES.		DÉPENSES.					POUR % DES SALAIRES.		
		MONTANT DES SECOURS EN					RECETTES		
RETENUES sur les salaires.	SUBVENTIONS des exploitants.	Argent.	Médicaments.	Charbon, pain, etc.	HONORAIRES des médecins.	TOTAUX.	Retenues sur les salaires.	Subventions des exploitants.	DÉPENSES.
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	2,463	997	»	2,019	5,479	»	»	»
,323	»	11,460	6,391	7,343	7,169	32,363	»	»	»
,414	»	122,858	37,845	7,662	29,409	197,774	2 37	»	2 27
»	223,340	145,638	57,351	14,528	31,367	248,884	»	1 77	2 01
,630	6,293	13,017	3,256	60	3,866	20,199	2 »	0 66	0 65
,367	229,633	295,436	105,840	29,593	73,830	504,699	»	»	»

§ 5. — Caisse de Namur (1).

Le compte-rendu de la Caisse de prévoyance des ouvriers mineurs de la province de Namur ne fait pas ressortir pour 1883 un meilleur résultat que celui de l'exercice précédent.

Les recettes ont été de fr. 55,177-50 et les dépenses de fr. 60,251-39. Il y a donc eu un nouveau déficit de fr. 5,073-89. Celui de 1882 avait été de fr. 4,304-82. En y comprenant le déficit de 1881, la réduction de la réserve dans les trois dernières années s'élève à fr. 14,518-71. Cette réduction aura pour fâcheuse conséquence de restreindre encore les recettes pour l'exercice en cours, du montant des intérêts afférents du capital.

Dans une assemblée générale extraordinaire tenue en avril 1883, la proposition de dissoudre et de liquider la Caisse n'a pas réuni les trois quarts des voix, majorité imposée par les statuts.

Les secours servis en 1883, ont été en moyenne de 365; ils n'avaient été que de 345 en 1882.

Les caisses particulières de secours ont reçu en 1883, fr. 30,381-36 et dépensé fr. 26,138-03.

Ces résultats sont d'ailleurs incomplets, certains exploitants s'abstenant de fournir les renseignements relatifs au fonctionnement de leurs Caisses particulières.

La Commission regrette cet état de choses et pense qu'il est nécessaire d'y apporter remède par l'adoption d'un règlement.

§ 6. — Caisse du Luxembourg (2).

A. — *Caisse commune de prévoyance.*

Le rapport de la Caisse du Luxembourg pour 1883 renseigne que les

recettes de cet exercice se sont élevées à . . .	fr.	8,612 88
Et les dépenses à.		8,362 35
comportant un boni de	fr.	250 53
En 1882, le boni était de		1,668 34

(1) Rapporteur : M. Gravez.

(2) Rapporteur : M. Laporte.

Les recettes ont été plus élevées qu'en 1882 de fr. 324-84, par suite d'une légère augmentation des salaires, mais, par contre, les dépenses se sont accrues de fr. 1,742-65, à cause d'un plus grand nombre de personnes secourues.

Cette situation, que nous considérons comme défavorable, nous oblige à engager de nouveau les exploitants du Luxembourg à majorer leurs retenues et leurs cotisations en faveur de la Caisse de prévoyance.

Le nombre des établissements associés reste toujours fixé à 11, divisés en 24 exploitations, qui ont employé en moyenne 768 ouvriers. Ceux-ci ont fourni ensemble 207,360 journées de travail et reçu un salaire total de fr. 701,321-95 correspondant pour chacun d'eux à fr. 913-17 ou fr. 3-38 par jour.

Le tableau ci-après donne la comparaison de ces renseignements pour les cinq dernières années :

ANNÉES.	NOMBRE		MONTANT des SALAIRES	SALAIRE MOYEN	
	d'ouvriers.	de journées.		pa an.	par jour.
1879	765	206,550	501,026	654 93	2 42
1880	750	202,500	514,087	685 44	2 53
1881	731	197,370	545,732	746 55	2 76
1882	785	211,950	669,018	852 25	3 16
1883	768	207,360	701,321	913 17	3 38

Les recettes de l'année se décomposent comme suit :

Retenue de 1/2 p. °/₀ sur les salaires des ouvriers fr.	3,504 94
Cotisation des exploitants	3,504 94
Subside de l'Etat	243 »
Id. de la province	250 »
Rente sur l'Etat	1,110 »
Ensemble, fr.	8,612 88

Le tableau suivant établit la comparaison des recettes des cinq dernières années :

NATURE DES RECETTES.	ANNÉES				
	1883	1882	1881	1880	1879
Retenue et subvention de 1 p. °/o sur le salaire . .	7,009 88	6,690 18	5,457 32	5,140 87	5,010 26
Subsides de l'Etat et de la province . .	493 »	487 86	522 »	542 »	539 »
Rentes sur l'Etat, intérêts.	1,110 »	1,110 »	1,110 »	1.362 61	1,447 10
Totaux . .	8,612 88	8,288 04	7,089 32	7,045 48	6,996 36

Les dépenses de 1883, en pensions et secours ont été appliquées comme suit :

30	ouvriers incapables de travailler . . . . fr.	4,733 35
15	veuves d'ouvriers.	1,875 »
2	parents d'ouvriers	135 »
2	ouvriers vieux et infirmes	125 »
19	enfants	730 »
5	secours	290 »
73	Ensemble, fr.	7,888 35

Dans le tableau qui suit, figurent les dépenses totales des cinq dernières années :

ANNÉES.	PENSIONS ET SECOURS.	FRAIS D'ADMINISTRATION.	DÉPENSES TOTALES.
1879.	9,822 88	465 »	10,287 38
1880.	9,717 70	489 »	10,206 70
1881.	6,649 »	502 »	7,151 »
1882.	6,157 70	462 »	6,619 70
1883.	7,888 35	474 »	8,362 35
Totaux . .	40,235 13	2,392 »	42,627 13

Voici la comparaison des dépenses et des recettes de ces mêmes années :

ANNÉES	RECETTES.	DÉPENSES.	BONI.	MALI.
1879	6,996 36	10,287 38	»	3,291 02
1880	7,045 48	10,206 70	»	3,161 22
1881	7,089 32	7,151 »	»	61 68
1882	8,288 04	6,619 70	1,668 34	»
1883	8,612 88	8,362 35	250 53	»
Totaux . . .	38,032 08	42,627 13	1,918 87	6,513 92

Les charges de l'Association étaient au 1er janvier 1884 :

Pensions acquises, déduction faite des secours temporaires et des extinctions de l'année . . . . . fr.	7,090 »
Frais d'administration	474 »
Ensemble, fr.	7,564 »

A cette somme s'ajouteront les pensions et les secours de l'exercice courant. D'autre part, les extinctions viendront en déduction.

Les charges de l'Association n'étaient au 1er janvier 1883 que de 6,542 francs. Il y a donc une majoration de plus de 1,000 francs, qui est due, comme il est dit plus haut, au plus grand nombre de personnes secourues.

B. — *Caisses particulières de secours.*

Le tableau ci-après donne le mouvement de ces caisses pendant les cinq dernières années :

ANNÉES.	RECETTES.	DÉPENSES.
1879	7,614 73	10,248 26
1880	7,570 65	10,320 05
1881	7,787 99	8,650 12
1882	9,480 21	10,399 91
1883	10,758 95	10,809 80
Totaux . . .	43,212 53	50,428 14

Les recettes, ainsi que les dépenses de 1883, ont été supérieures à celles des exercices précédents.

Approuvé par la Commission permanente des Caisses de prévoyance en faveur des ouvriers mineurs.

Bruxelles, le 3 avril 1885.

L'Ingénieur principal
des mines, membre Secrétaire,
HENRI WITMEUR.

Le Directeur divisionnaire
des mines, Président,
CH. HAMAL.

ANNEXE I. **Relevé des renseignements statistiques pour l'année 1883.**

DÉSIGNATION des CAISSES.	NOMBRE		NOMBRE de journées de travail.	MONTANT TOTAL des SALAIRES.	SALAIRE MOYEN (1)	
	d'exploitations associées.	d'ouvriers occupés.			par an.	par journée.
Caisse de Mons . . .	23	28,949	8,571,804	26,116,604	902 16	3 05
— Charleroi . .	50	36,572	11,030,693	36,522,321	998 64	3 31
— Centre . . .	10	13,846	4,045,800	14,439,017	1,070 67	3 57
— Liège . . .	59	25,659	7,715,131	25,620,394	998 »	3 45
— Namur . .	29	3,175	889,260	2,641,166	831 83	2 97 (2)
— Luxembourg.	11	768	207,360	701,322	913 17	3 38
Totaux et nombres moyens. .	182	108,969	32,460,048	106,040,824	973 13	3 27

(1) Comme les années antérieures, le salaire moyen a été calculé en prenant pour base le nombre total des ouvriers, sans distinction de catégorie ou d'âge.
(2) A défaut de données directes sur les salaires, les chiffres qui figurent au tableau ont été fournis par M. l'Ingénieur en chef directeur Jottrand.

[illegible]	CAISSES COMMUNES DE PRÉVOYANCE				
	Revenus [illegible]	[illegible]	Subventions de l'État.	Subventions des provinces.	Aut... recett...
Caisse de Mons	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,017 50	94,6
— Charleroi	-	[illegible]	[illegible]	2,315 25	62,60
— Centre	[illegible]	[illegible]	[illegible] 22	1,167 25	32,57
— Liége	-	[illegible]	[illegible] 65	3,000 -	78,24
— Namur	[illegible]	[illegible]	[illegible] 63	550 -	15,19
— Luxembourg	[illegible]	[illegible]	243 -	250 -	1,110
Totaux	[illegible]	[illegible]	44,521 -	9,800 -	234,479

DÉ...

DÉSIGNATION des CAISSES.	PENSIONS.	SECOURS.	AUTRES DÉPENSES.	FRAIS d'administration.	TOTAL des caisses com...
Caisse de Mons	439,355 25	-	" (1)	16,026 59	455,38
— Charleroi	448,401 71	137,546 75	503 06 (2)	16,430 45	602,88
— Centre	251,386 75	4,824 -	"	3,116 50	259,327
— Liége	254,785 83	244,167 -	"	7,789 85	506,742
— Namur	26,080 29	31,710 -	"	2,461 10	60,251
— Luxembourg	7,598 35	290 -	"	474 -	8,362
Totaux	1,427,608 18	418,537 75	503 06	46,298 49	1,892,947

ES.

TOTAL.	CAISSES PARTICULIÈRES DE SECOURS — Retenues sur les salaires.	Cotisation des exploitants.	TOTAL.	TOTAL GÉNÉRAL.	Observations.
0,343 20	» (2)	311,192 71	311,192 71	831,535 91	
8,094 42	» (2)	463,092 35	63,092 35	1,091,186 77	
6,094 11	61,331 51	61,331 51	122,663 02	378,757 13	
2,538 21	252,367 »	229,633 »	482,000 »	1,014,538 21	
5,177 50	30,381 36	» (4)	30,381 36	85,558 86	
8,612 88	8,621 61	2,137 34	10,758 95	19,371 83	
0,860 32	352,701 48	1,067,386 91	1,420,088 39	3,443,849 28	

(1) Dont frs. 28,892-48 comme subvention extraordinaire en conformité de l'art. 5 des statuts en vigueur.

(2) Pas de retenues sur les salaires.

(3) Montant de la contribution des exploitants à raison de 1 3/4 p. °/。 des salaires payés aux ouvriers.

(4) Pas de cotisation des exploitants.

S.

AISSES …ICULIÈRES de …COURS.	TOTAL GÉNÉRAL.	AVOIR au 1er janvier 1884 des Caisses communes de prévoyance.	CHARGES ANNUELLES au 1er janvier 1884 de ces Caisses.	Observations.
1,192 71	766,374 55	1,916,172 98	408.742 20	
3,092 35	1,065,974 32	1,438,127 56	563,298 27	
2,181 39	381,508 64	857,494 76	256,902 »	
4,699 »	1,011,441 68	1,819,925 61	500,419 »	
6,138 03	86,389 42	367,770 53	57,271 »	
0,809 80	19,172 15	30,456 77	7,620 »	
,113 28	3,331,060 76	6,429,948 21	1,794,152 47	

(1) En dehors des charges statutaires des caisses, certaines sociétés minières du pays interviennent pour l'instruction professionnelle des ouvriers et pour l'instruction de l'enfance. Le compte-rendu de la caisse du Couchant de Mons renseigne une somme de 22,900.57 francs comme ayant été affectée par plusieurs sociétés à l'instruction des enfants d'ouvriers et à des établissements hospitaliers.

(2) Intérêts de banque payés d'après compte courant.

II. — Machines a vapeur. — Accidents en 1884.

En exécution de l'article 65 de l'arrêté royal du 28 mai 1884, le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics fait connaître qu'il est arrivé, pendant l'année 1884, deux accidents aux appareils à vapeur.

Le tableau ci-après indique les causes reconnues ou présumées et les effets de ces accidents.

MACHINES A VAPEUR. — Accidents

NUMÉRO D'ORDRE.	DATE de L'ACCIDENT.	*A*. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé; *B*. Noms des propriétaires de l'appareil ; *C*. Noms des constructeurs id.;	NATURE, FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL. **Détails divers.**
1	7 janvier 1884.	*A*. Puits n° 2 du charbonnage de Roton, à Farciennes. *B*. Société charbonnière de Roton-Sainte-Catherine. *C*. Detombay, à Marcinelle (construction); Deneubourg, à Bouffioulx (réparation).	Chaudière horizontale, composée d'un corps cylindrique à bouts hémisphériques et deux tubes réchauffeurs. Corps. Tubes. Longueur . . 10m,20 9m,25 Diamètre. . . 1m,30 0m,70 Construite en 1850 pour une pression de 3 atmosphères, réparée en 1874 et autorisée à fonctionner à 4 atmosphères. Faisait partie d'un groupe de cinq générateurs alimentant de vapeur les diverses machines du puits; occupait le milieu du groupe.
2	1er avril 1884.	*A*. Filature de lin et d'étoupes, fabrique de tissage, à Renaix. *B*. Vanden Broecke, Gustave, et Cambier Cyrille, à Renaix. *C*. Vande Woestyne, chaudronnier, à Gand.	Cylindre-tambour à rotation, chauffé par la vapeur introduite et destiné à sécher les tissus après leur encollage. Cet appareil était placé horizontalement dans un petit bâtiment indépendant du bâtiment principal. Sa longueur était de 2m,00 et son diamètre intérieur de 1m,52. La partie cylin

survenus pendant l'année 1884.

EXPLOSION.

CIRCONSTANCES.	SUITES.	CAUSE PRÉSUMÉE.
Les manomètres marquaient 3 1/2 à 3 3/4 atmosphères lors de l'explosion; aucune particularité n'a été constatée avant l'événement, qui a eu lieu entre 6 et 7 heures du matin. Selon toute apparence, une première déchirure s'est produite à une tôle affaiblie de l'un des tubes réchauffeurs. Ce tube s'est divisé en plusieurs morceaux : ceux d'avant ont été projetés à grande distance, tandis que l'arrière venait s'arrêter contre la cheminée qui se trouve à proximité les masses. Le corps principal s'est partagé n deux tronçons; celui d'avant, près avoir été culbuter une cage hauteur du pas de bure, est oulé jusqu'au niveau des voies e chargement; l'autre a été prosté contre le *terril*, suivant une rajectoire directement opposée à elle du premier tronçon, tandis e des tôles comprises entre eux naient s'abattre sur le côté, en développant. Quant au second tube réchaufur. il est resté en place avec ses issards, sans autre dommage 'un renfoncement de quelques ntimètres.	Les bâtiments servant de lampisterie, de bureau au chef-porion, *d'aise* et de forge ont été presque complètement démolis. Le soubassement en briques de la cheminée a été écorné. Les toits de la halle de l'ancienne machine d'extraction et du hangar attenant ont été défoncés. Le réservoir à vapeur a été déplacé, en arrachant tout le tuyautage. Les chaudières voisines ont peu souffert, en dehors de la destruction des garnitures. Une pluie d'eau et de débris de toutes sortes, accompagnée de violents jets de vapeur, couvrit un vaste espace. Trois jeunes ouvriers furent atteints par les projectiles ainsi lancés, et blessés à la tête, mais très légèrement. Il n'y eut pas d'autres victimes, grâce à cette circonstance qu'au moment de l'explosion, se faisait précisément le remplacement des chauffeurs de nuit par ceux de jour.	Amincissement considérable de la tôle inférieure de la dernière virole de l'arrière du tube réchauffeur, à proximité d'un trou de vidange auquel une fente aboutissait. Large déchirure en cet endroit, d'où, brusque abaissement de pression et, par suite, du calorique latent ainsi devenu libre, vaporisation subite d'une grande quantité d'eau, ce qui a produit les effets foudroyants constatés.
Un des fonds plats, celui qui rtait la soupape de sûreté, a été taché de l'enveloppe cylindrique r suite de la rupture des 92 bous qui assemblaient ces deux èces et des tirants en fer qui iaient les fonds entre eux. Le nd plat détaché a été projeté	La destruction du petit bâtiment qui renfermait l'appareil. Trois ouvriers légèrement blessés ou brûlés par la vapeur; ils ont été guéris au bout d'une quinzaine de jours.	Selon les indications données par le propriétaire, la tension de la vapeur introduite ne pouvait dépasser 2 atmosphères. On ne peut admettre que l'appareil ait cédé sous cette pression relativement faible;

NUMÉRO D'ORDRE.	DATE de L'EXPLOSION.	*A*. Nature et situation de l'établissement où l'appareil était placé ; *B*. Noms des propriétaires de l'appareil ; *C*. Noms des constructeurs, id.	NATURE, FORME ET DESTINATION DE L'APPAREIL. **Détails divers**.
			drique était en cuivre rouge de 2 1/2 millimètres d'épaisseur ; les bouts plats en cuivre rouge de 10 millimètres d'épaisseur étaient fixés à la partie cylindrique chacun par 92 boulons en fer de 12 millimètres de diamètre et reliés, en outre, entre eux par six tirants en fer. Il était muni d'un manomètre métallique et d'une soupape de sûreté. L'appareil fonctionnait depuis environ six mois, il avait précédemment fonctionné dans la fabrique du sieur Rosseel-Delise, à Gand. La vapeur introduite était fournie par une des chaudières de l'usine pouvant produire de la vapeur à une pression de 4 atmosphères.

EXPLOSION.		
CIRCONSTANCES.	SUITES.	CAUSE PRÉSUMÉE.
contre un mur distant d'environ 2m,00 de l'appareil et qui a été renversé; toute la partie restante de l'appareil a été projetée en sens inverse sur un mur situé aussi à environ 2m,00, qu'elle a également démoli.		mais il est à présumer que, soit par suite de la négligence de l'ouvrier chargé de régler l'introduction de la vapeur, soit à cause du mauvais fonctionnement d'un manomètre, la tension de la vapeur, au moment de l'explosion, devait être plus considérable; d'un autre côté, les boulons et les tirants en fer ont seuls été rompus; les autres parties de l'appareil ne présentaient aucune déchirure, ni aucun indice de détérioration; on doit donc admettre que le fer de ces boulons et tirants était de mauvaise qualité et peut-être aussi que les boulons étaient soumis à une tension trop grande par suite d'un serrage excessif.

DU CHOIX

ET DE

L'EMPLOI DES EAUX

DESTINÉES A

L'ALIMENTATION DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

PAR

M. FINEUSE,

INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES.

Chargé de la surveillance des appareils à vapeur par la nature de mes fonctions, j'ai eu l'occasion de constater qu'en général on attache trop peu d'importance à la recherche des moyens de prévenir l'incrustation des chaudières.

Beaucoup de propriétaires n'ont même jamais rien tenté dans ce but; ils abandonnent au chauffeur le soin d'effectuer les nettoyages absolument indispensables, lorsque la génération de la vapeur n'est plus en rapport avec la consommation normale de combustible et se bornent à faire régulièrement procéder aux réparations des générateurs, sans remonter à la véritable cause de la fréquente détérioration des tôles.

D'autres, plus soucieux de leur sécurité comme de leur intérêt, songent bien à s'opposer à la formation des dépôts incrustants, mais le plus souvent s'en vont chez le droguiste ou ailleurs, sans même connaître la nature de leurs eaux d'alimentation, chercher un spéci-

fique dont la composition est toujours restée un secret pour eux.

Enfin, il en est, mais en petit nombre, qui s'adressent aux fonctionnaires chargés de la surveillance administrative des appareils à vapeur et se montrent désireux d'être renseignés sur les procédés de désincrustation les plus recommandables.

Plus d'une demande ainsi posée *ex abrupto* m'a, je l'avoue, souvent fort embarrassé. Les éléments d'appréciation faisant défaut, il était imprudent de préconiser tel ou tel procédé, et répondre par des lieux communs, c'était peut-être faire ajourner indéfiniment une tentative très-louable et digne de tous nos encouragements. J'ai été amené ainsi, pour des raisons toutes spéciales, à étudier la question des dépôts dans les générateurs, question d'une utilité incontestable, mais aussi d'autant plus complexe que jamais deux eaux d'alimentation ne sont semblables, jamais deux chaudières ne se trouvent dans des conditions identiques.

Un certain nombre d'industriels m'ayant manifesté par la suite le désir de posséder les principaux résultats de ce travail, j'ai pensé qu'en livrant à la publicité le résumé de mes notes, je rendrais peut-être quelque service à ceux qui, n'ayant point fait de cette question l'objet d'une étude spéciale, se voient réduits à s'adresser un peu partout ou sont forcés de se livrer à des recherches longues et fastidieuses dans les ouvrages et les revues qui traitent de la matière (1).

Je n'ai certes point la prétention d'avoir fait œuvre nouvelle, mais plutôt œuvre de patience, en réunissant,

(1) Je supprime cependant toute la partie qui traite de la composition des diverses eaux rencontrées dans la nature et utilisées pour l'alimentation des chaudières, afin d'écourter le plus possible un sujet dont le côté technique est déjà bien vaste pour trouver place dans cette publication.

dans un même contexte, à peu près tout ce qui a été dit sur ce sujet, tant pour rafraîchir les souvenirs de ceux qui ont su, que pour apprendre à ceux qui n'ont point la compétence voulue, l'état de nos connaissances actuelles sur les moyens d'entretenir les générateurs de vapeur dans un état de propreté nécessaire à leur conservation comme à leur bon fonctionnement.

Qu'on n'attende donc point de moi une panacée quelconque, dont le nombre, déjà trop grand, prouve et le peu de succès de chacune d'elles et la difficulté de vaincre le mal.

Mais à côté de ceux qui cherchent le remède se placent ceux qui l'appliquent, et si les moyens préconisés sont pour la plupart inefficaces, beaucoup deviennent nuisibles et même dangereux.

Il est, par suite, de la plus haute importance d'étudier la nature, le mode d'emploi et les effets des divers procédés de désincrustation connus.

Telle est la tâche que je me suis imposée, dans l'intérêt de l'industrie et de la sécurité publique.

Ce travail comprend deux parties essentielles. La première est relative aux avantages et inconvénients de l'incrustation des chaudières, au mode de formation et caractères des dépôts, à l'utilité d'une analyse de l'eau et à l'action pernicieuse de quelques substances spéciales renfermées dans certaines eaux d'alimentation. La seconde passe en revue les divers moyens mis en usage *avant et après* l'alimentation, pour prévenir la production et l'adhérence des concrétions calcaires. Ceux de la première catégorie consistent dans la filtration, l'épuration chimique ou la séparation par la chaleur des sels tenus en dissolution ; ceux de la seconde comprennent les appareils débourbeurs et les désincrustants introduits dans le générateur, tantôt seuls, tantôt sous forme de mélanges.

Enfin, cette étude se termine par quelques considé-

rations générales sur le nettoyage des chaudières, complément indispensable des procédés de désincrustation rarement suffisants par eux-mêmes.

Je me suis attaché, autant que possible, à mettre le sujet à la portée de tous, afin de dessiller les yeux de ceux qui sont encore victimes d'une véritable spéculation et si, en leur montrant l'efficacité de tel système et les dangers de tel autre, j'arrivais à sauver une seule existence humaine, mon but serait atteint, mes efforts seraient récompensés.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE Ier

DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'INCRUSTATION DES CHAUDIÈRES

Le titre III de l'instruction ministérielle du 30 avril 1864, pour l'exécution du règlement de police du 21 du même mois, concernant l'emploi des appareils à vapeur en Belgique, dispose entre autres : « Les ingénieurs, « chefs de service et leurs délégués tiendront la main « à ce que les dépôts, dans l'intérieur des chaudières, « soient fréquemment enlevés et feront comprendre « combien il est important, pour la conservation des « parois, de prendre des mesures pour empêcher ces « incrustations de se former et *surtout de se consoli-* « *der*, comme aussi d'éviter l'emploi d'eaux corro- « sives » (1).

(1) Le règlement actuel n'était pas en vigueur lorsque ces lignes furent écrites. L'instruction ministérielle qui l'accompagne se borne du reste, à quelques conseils déjà donnés dans le cours de cette étude.

D'autre part, on sait qu'en France des mesures administratives spéciales sont prises pour éviter l'utilisation de certaines eaux à la génération de la vapeur et l'on comprend que la question de l'alimentation des chaudières mérite toute la sollicitude des gouvernements, puisqu'il s'agit de la sécurité publique. Les appareils à vapeur, aujourd'hui, pénètrent partout ; des machines fixes sont installées au cœur des villes, dans les centres les plus populeux, sous les combles, dans les caves, sous la voie publique même ; les ouvriers d'un grand nombre d'établissements ont la regrettable habitude de se réunir autour des chaudières pour prendre leurs repas en hiver ; j'ai même trouvé, dans une carrière de la province de Namur, un lit placé sur le générateur même ; les locomobiles, locomotives et machines de bateau fonctionnent et circulent au milieu de la foule indifférente, inconsciente du danger.

Il faut que l'explosion d'une chaudière vienne, trop souvent encore, jeter la consternation au sein des populations, semant la mort dans le voisinage et amoncelant ruines sur ruines, pour rappeler l'immensité de la force confinée en un si petit espace ; mais les morts sont bientôt oubliés, les bâtiments promptement reconstruits et le public retombe dans l'insouciance, jusqu'à ce qu'une autre catastrophe éclate pour affoler de nouveau les esprits.

Il y a donc nécessité sociale à prendre les mesures les plus rigoureuses pour conjurer un danger qui menace davantage l'humanité, à raison du développement toujours croissant de la vapeur dans ses applications industrielles.

Parmi les causes d'explosion, il faut citer en premier lieu la corrosion intérieure des tôles et conséquemment la nature des eaux qui servent à la génération de la vapeur. On ne peut se défendre d'un certain effroi en

lisant, dans le rapport pour l'exercice 1875 de l'*Association des propriétaires d'appareils à vapeur en Belgique*, que la tôle d'un générateur de la Linière de Saint-Gilles alimenté par de l'eau donnant 1^k,480 de résidus par mètre cube, s'est rongée de 14 millimètres en vingt mois et demi. L'auteur du rapport fait observer qu'il « n'est aucunement nécessaire que des eaux soient acides pour qu'elles soient corrosives » et, d'après lui, « la nature des incrustations et la manière dont elles se déposent ont une très-grande influence sur la corrosion ».

L'incrustation qui adhère fortement aux parois des chaudières a pour effet de diminuer la conductibilité du métal et, comme conséquence, d'augmenter la consommation du combustible, tout en provoquant la destruction des tôles. Donc, d'un côté, dépense ; de l'autre, danger.

Les quantités de chaleur, par mètre carré et par heure, qui traversent des plaques à faces parallèles d'un mètre d'épaisseur et pour une différence de température d'un degré, sont, d'après les tables de Claudel, dans le rapport, de 28 à 2,08 pour le fer et le calcaire à grains fins ; c'est-à-dire que si la conductibilité de ce dernier peut être prise pour celle des concrétions calcaires, le rapport est de 13.5.

Suivant Despretz, en prenant 1,000 pour le coefficient de conductibilité de l'or, ceux du fer et du marbre sont respectivement 374.3 et 23.6, soit un rapport égal à 15.86.

Péclet a trouvé que les quantités de chaleur transmises par seconde, à travers des plaques d'un mètre carré de superficie, d'un millimètre d'épaisseur et dont les surfaces se maintiendraient à des températures constantes différant de 1°, seraient respectivement 7.95 et 0.48 pour le fer et le marbre, soit un rapport de 16.56.

Pour M. William Watson, le rapport des pouvoirs conducteurs de calorique du fer et des incrustations serait de 37.5.

Les phénomènes de la transmission du calorique à travers une tôle recouverte extérieurement de noir de fumée et intérieurement d'une croûte de composition variable dans son épaisseur, plus ou moins bien mouillée par l'eau ainsi qu'à travers une masse liquide tenant diverses substances en dissolution et en suspension, sont, toutefois, beaucoup plus complexes que ne l'indiquent les formules du calcul pour un cas spécial qui ne se présente jamais dans la pratique.

Ainsi, admettant le chiffre de 7.95 donné par Péclet pour la quantité de chaleur transmise par seconde et par mètre carré de tôle de fer d'un millimètre d'épaisseur, proposons-nous de déterminer le poids de vapeur qu'une chaudière de même métal et de 10 millimètres d'épaisseur donnerait par mètre carré de surface de chauffe et par heure, sous une tension de 5 atmosphères.

Supposons la température moyenne des tôles de la surface de chauffe égale à celle des gaz à la cheminée, 300° par exemple. La quantité de chaleur qui devrait traverser la tôle par mètre carré et par heure serait :

$$\frac{T-t}{E} c = \frac{300\text{-}152}{10} \times 7.95 \times 3{,}600 = 423{,}576 \text{ unités de chaleur.}$$

D'autre part, soit x le nombre de kilogrammes de vapeur obtenu en une heure, la quantité de chaleur nécessaire à cette production sera

$$x \text{ kilogr.} \times 652.8 \text{ calories}$$

et l'on aurait

$$x \times 652.8 = 423{,}576.$$

D'où

$$x = 649 \text{ kilogr.}$$

Mais ce résultat suppose que l'eau, en contact avec le métal bien décapé, est incessamment renouvelée, condition qui permet de prendre, entre autres, 19.16 pour le coefficient de conductibilité du cuivre ; tandis que celui-ci n'est plus que 1.60 (Thomas et Laurens), lorsque le contact n'a pas lieu, la transmission de la chaleur étant alors indépendante de l'épaisseur de la plaque.

Si le rapport est le même pour le fer, on a :

$$19.16 : 1.60 :: 7.95 : f = 0,664.$$

C'est-à-dire que le coefficient serait environ douze fois moindre et que le poids de vapeur cherché ne serait plus que de 54 kilogrammes, soit encore 2 1/2 fois au moins la production moyenne d'une chaudière ordinaire. C'est qu'en effet, la surface de chauffe est très-inégalement chauffée dans toutes ses parties et qu'il y a lieu de tenir compte dans les calculs, indépendamment des coefficients propres au métal et à l'incrustation, des conductibilités de l'air chaud à la tôle, du métal au calcin et de celui-ci à la masse liquide.

L'examen de toutes ces considérations n'est pas nécessaire pour comprendre, étant donnée la faible conductibilité des dépôts par rapport à celle de la paroi métallique, que les déperditions de calorique doivent s'accroître rapidement avec l'épaisseur de la couche incrustante.

Ce fait, d'ailleurs confirmé tous les jours par la pratique, devient bientôt un réel obstacle à la génération de la vapeur et M. Watson estime qu'une tôle, en contact avec le feu et recouverte d'une incrustation d'un demi-pouce, devrait être portée au rouge pour élever l'eau à une pression de 40 kilogrammes.

Détérioration des chaudières. — De ce qui précède on conclut que, pour produire une quantité constante

de vapeur, il faut augmenter l'activité du feu à mesure que les concrétions calcaires s'épaississent et ce, dans un rapport suffisant pour compenser les écarts de températures sur les deux faces de la tôle. Mais cette surélévation à outrance, devenue nécessaire, de la température des parois de la chaudière active l'oxydation et affaiblit la résistance du métal, favorise, dans le rapport du nombre et de l'épaisseur, la disjonction des feuillets plus ou moins bien soudés de la tôle, donne lieu à des cassures du fer, provoque la dislocation et parfois la rupture des rivets, etc. Des fuites en sont la conséquence et l'eau qui tombe dans le foyer se transforme immédiatement en vapeur, occasionnant, si le charbon est pyriteux, la corrosion rapide des têtes de rivets et de la paroi extérieure des tôles.

De là, détérioration plus ou moins profonde des tôles et de leur assemblage, qui oblige, après un laps de temps plus ou moins court, à jeter les feux, à vider, à nettoyer et à réparer le générateur, si celui-ci n'est tout-à-fait hors d'usage, ce qui arrive parfois.

De tels accidents peuvent avoir, à ne considérer que le côté matériel, les suites les plus fâcheuses dans certaines circonstances. Je pourrais citer plus d'une exploitation minière, où la mauvaise qualité des eaux d'alimentation dut faire cesser brusquement le service d'une et même de deux chaudières à la fois, compromettant ainsi et l'épuisement des eaux et l'extraction des produits.

Un cas analogue s'est produit récemment au charbonnage de la Plante, à Namur : La venue des eaux, par suite de la rencontre d'une faille, venait d'augmenter dans des proportions telles que le fonctionnement simultané de tous les générateurs était devenu nécessaire. Bientôt après, le chauffeur s'aperçut que l'une des chaudières ainsi surmenées ne pou-

vait plus marcher sans danger et prit, à temps heureusement, toutes les mesures que comportait la situation.

Pendant les réparations, les eaux s'élevèrent promptement dans la mine à défaut de *tenue* et ne tardèrent pas à envahir les chantiers d'exploitation en activité. L'extraction de la houille fut forcément suspendue et l'on chiffrerait difficilement les pertes supportées par la Société à la suite de cet accident. L'une de ces chaudières ayant fait explosion quelque temps après, je pus constater qu'en deux ans les tôles s'étaient amincies de 10 millimètres et n'avaient plus que $1^{m}/_{m},5$ d'épaisseur en plusieurs endroits.

Depuis l'année 1877, époque de l'installation des trois générateurs, *toutes* les tôles de foyer ont été complètement remplacées par deux fois, de telle sorte que le nombre des épreuves faites par les soins de l'Administration des mines s'élève à sept jusqu'à présent, bien que la société ait pris, dans ces dernières années, la précaution d'ajouter aux eaux de la mine tantôt de l'eau de pluie, tantôt de l'eau provenant du gravier de la Meuse, pour faire servir le mélange à l'alimentation de ses chaudières.

M. Weber rapporte également que neuf générateurs d'une forge de la Haute-Silésie durent être tous mis hors d'usage après quinze jours de marche, à la suite de déchirures donnant lieu à des fuites considérables et dues à la présence d'incrustations d'une nature spéciale et sur lesquelles j'aurai à revenir.

Dépense de combustible. — Puisque la présence du calcin diminue la conductibilité des parois de la chaudière, il est évident que pour produire la quantité de vapeur nécessaire au fonctionnement des machines, la consommation de combustible doit augmenter avec

l'épaisseur de l'incrustation et que, s'il n'est porté remède à temps par le nettoyage du générateur, il arrivera un moment où le chauffeur se trouvera dans l'impossibilité, malgré l'activité du foyer, de satisfaire aux exigences des services de l'usine.

L'économie de charbon à réaliser par l'enlèvement des incrustations sera en général d'autant plus grande, toutes autres choses égales d'ailleurs, que la surface de chauffe sera moins étendue; elle variera avec l'épaisseur, la composition, la forme et l'endroit des dépôts, avec la pression dans la chaudière, avec la nature des parois et le type du générateur, avec la durée et la fréquence des chômages nécessités par les nettoyages, etc.

Pour une même chaudière, Grouvelle évalue la perte de combustible, par le fait de l'incrustation, de 8 à 10 p. °/₀ ; des expériences ont accusé 15 p. °/₀ dans une usine de Bordeaux ; suivant Claudel, une croûte adhérente de 3 à 4 millimètres peut réduire de 15 à 20 p. °/₀ la production de vapeur, la pratique a donné une moyenne de 30 p. °/₀ à M. Vinçotte et 50 p. °/₀ à M. Cavé, tandis que M. Watson porte à 60 p. °/₀ la dépense supplémentaire de charbon due à la présence d'un dépôt d'un quart de pouce d'épaisseur.

La détermination par le calcul, de l'économie à obtenir, est assez complexe et ne peut fournir que des résultats fort approximatifs. Des données qui doivent servir de base à l'évaluation de la perte de chaleur, les unes font défaut et les autres n'ont pas été sanctionnées suffisamment par la pratique. Ainsi, le pouvoir conducteur des diverses espèces d'incrustations n'a pas été, que je sache, établi expérimentalement et l'on se trouve réduit à prendre, par analogie, celui du marbre, du calcaire à grains plus ou moins fins ou du plâtre. Il en est d'ailleurs de même pour la densité

de la croûte de concrétion calcaire, que l'on porte un peu arbitrairement dans les calculs à 1.2, 2, 2.25, 2.50 et même à 2.75.

Selon la Commission centrale française des machines à vapeur, il faut tenir compte, dans les calculs, de l'importance relative des surfaces de chauffe des chaudières mises en parallèle ; c'est-à-dire, par exemple, que l'économie réelle sera notablement inférieure à celle fournie par le calcul si l'on compare, ainsi qu'il convient de le faire d'après ce corps savant, un générateur type en parfait état de propreté avec celui *dont la surface de chauffe a été déterminée par expérience* pour produire, après incrustation, la même quantité de vapeur dans un temps donné, de telle sorte qu'il pourrait même arriver qu'un état d'incrustation n'amène « aucune augmentation de consommation de houille, si la surface de chauffe était en même temps suffisamment étendue. »

A cette objection faite à l'important mémoire de M. Cousté publié en 1854 dans les *Annales des Mines*, on pourrait répondre que, dans ce cas, il y a lieu de tenir compte de la dépense résultant d'un accroissement notable de la surface de chauffe et des dispositions spéciales nécessaires pour abaisser convenablement la température des gaz à la cheminée.

Pour rester dans les mêmes conditions, M. Cousté avait calculé les quantités de combustible à consommer pour obtenir un même poids de vapeur dans le même temps, avant et après le dépôt uniforme d'une incrustation de 4 à 5 millimètres d'épaisseur sur la surface de chauffe d'une même chaudière et il a trouvé que la perte de combustible est au moins de 40 p. °/₀, pour une chaudière Wat, à galeries ou à tombeau et à basse pression (1^{at},25) ; 50 p. °/₀, pour une chaudière tubulaire à pression moyenne (3 atmosph.) ; 40 p. °/₀, pour une

chaudière cylindrique à haute pression (5 atmosph.); 40 p. %, pour une chaudière locomotive en cuivre (5 atmosph.), et qu'enfin, pour les chaudières navales, dans lesquelles les dépôts adhérents opposent un obstacle sérieux à l'emploi des pressions élevées, il y aurait économie d'environ 60 p. % à prévenir toute incrustation des tôles.

Si l'on admet l'économie de 30 p. % que donne la pratique et une combustion moyenne de $1^k,686$ de charbon par mètre carré de surface de chauffe et par heure, chiffre qui résulte de quarante-six expériences faites sur de nombreux types de chaudières soumises à la surveillance de l'Association belge, on verrait facilement qu'un procédé de désincrustation parfait permettrait d'économiser en un mois plus de 36,000 kilogrammes de houille avec une chaudière de 100 mètres carrés de surface de chauffe, constamment en fonction.

Danger. — Je n'insisterai pas davantage sur le côté matériel de la question qui concerne spécialement les propriétaires d'appareils à vapeur et j'arrive au principal inconvénient des incrustations qui, lui, intéresse tout le monde.

Pour parvenir à la production de vapeur qu'on lui demande, en d'autres termes « pour conserver sa pression », nous avons vu le chauffeur forcé d'activer son feu à mesure que la couche incrustante augmente d'épaisseur. La tôle, ainsi soumise à une température, toujours croissante, nécessaire au maintien d'une température constante de l'eau, perd de plus en plus de sa résistance, se boursoufle sous l'effet de la pression intérieure et peut finir par crever si le chauffeur ne s'en est aperçu à temps. Entre autres accidents de ce genre qu'il m'a été donné de constater, j'en citerai un qui remonte à l'année 1876 et que je mentionne en ces termes dans mon rapport annuel sur les machines à

vapeur : « L'attention et la vigilance des chauffeurs de la fabrique de sucre de Sombreffe (Namur) ont pu éviter une catastrophe, dont les conséquences eussent été particulièrement désastreuses. Des boues s'étant amassées sur les incrustations adhérentes aux tôles des foyers de trois chaudières, la température du métal s'éleva si rapidement qu'en moins d'une demi-heure les tôles se bombèrent sous l'action d'une pression de 5 atmosphères, au point de donner naissance à une calotte de 5 à 6 centimètres de flèche et d'un diamètre de plus de 30 centimètres. » Les feux ayant été jetés, les soupapes furent soulevées pour diminuer la pression et le danger put être heureusement conjuré.

Un fait analogue, bien connu, avait pour cause l'adhérence contre une tôle de foyer d'une casquette oubliée dans une chaudière par un ouvrier chargé d'en opérer le nettoyage. La présence de torchons, d'un marteau ou d'autres objets laissés sur le métal ont suffi parfois pour donner lieu au même accident.

Le danger existe du moment où le corps étranger, plus ou moins mauvais conducteur du calorique, possède une densité supérieure à celle de l'eau : la tôle n'étant plus en contact direct avec le liquide peut se ramollir, même avant l'ébullition, former des ampoules et se déchirer peu de temps après sous l'effet continu de la pression.

Les suites les plus fâcheuses peuvent résulter de l'emploi trop prolongé d'un générateur fortement incrusté. J'ai vu des tôles de foyer se fendre sur les bords à sept ou huit places et des têtes de rivets se ronger visiblement en quelques jours, par suite de cette circonstance purement accidentelle que le retard apporté dans le nettoyage de la chaudière de rechange avait nécessité la continuation du fonctionnement du générateur incrusté.

La grande différence qui existe entre les coefficients respectifs de dilatation et de conductibilité du métal et de la couche calcaire, les variations sensibles de températures de ces deux corps adhérents et, comme conséquence, l'écart considérable qui peut s'établir entre les températures de l'eau et des tôles provoquent parfois le détachement subit de la croûte sur une assez grande étendue et le liquide, mis tout à coup en contact avec la surface métallique incandescente, semble se trouver dans les conditions voulues pour passer à l'état sphéroïdal et donner lieu, après certain refroidissement du métal mis à nu, à une abondante production instantannée de vapeur; les orifices d'échappement étant insuffisants, la pression s'accroît aussitôt et expose le générateur à une explosion.

Il ne faudrait pas cependant s'exagérer l'importance du fait qui nous occupe et les explosions dues à cette seule cause ne sont pas vraisemblablement très-communes. Le danger augmente nécessairement avec la température de la tôle surchauffée au moment du détachement ainsi qu'avec l'étendue de la partie mise à nu; mais, fort heureusement, les conditions pour que le phénomène se produise ne sont pas toujours réunies; s'il en était autrement, nous aurions à déplorer un plus grand nombre d'accidents, attendu que la disparition subite de la couche adhérente n'est pas chose rare, surtout pour les incrustations cristallines sulfatées qui, d'après M. Vinçotte, se détachent d'elles-mêmes lorsqu'elles atteignent une certaine épaisseur au dessus du foyer.

Quoi qu'il en soit, la prudence exige, à ce point de vue également, de chercher à prémunir contre l'incrustation les tôles directement exposées à l'action du feu.

Parmi les effets indirects dus à la présence d'un dépôt adhérent, il faut citer l'oxydation de la paroi

extérieure de la tôle portée au rouge et l'amincissement du métal accéléré par la production de sulfures métalliques résultant de l'emploi d'un combustible sulfureux.

L'incrustation est un obstacle à la visite indispensable des parois intérieures et le remplissage des cavités de la tôle rongée a pour effet de masquer les parties faibles de la chaudière.

La diminution du pouvoir conducteur du métal, en réduisant la production de vapeur après quelque temps de marche, entraîne l'installation de générateurs beaucoup plus nombreux ou plus puissants que ne le réclament les besoins du service.

La nécessité des nettoyages fréquents n'est pas le moindre inconvénient des dépôts calcaires. L'enlèvement au marteau, au burin, au ciseau, est fort lent, nuit toujours au métal, donne à la tôle une rugosité favorable à l'adhérence des matières incrustantes et devient le point de départ de cavités qui se remplissent de calcin et s'agrandissent à chaque nettoyage, tant en profondeur qu'en étendue.

Plusieurs dispositions de chaudières, les systèmes multitubulaires notamment, rendent impraticables les procédés ordinaires de nettoyage ; dans d'autres, certains endroits sont inaccessibles à l'homme fait et des enfants, souvent les premiers venus, sont chargés d'un véritable poste de confiance qui demande de l'habileté, beaucoup de soin dans l'opération et une surveillance, aussi active qu'intelligente, des ravages causés entre les chômages successifs.

Cette partie du service des chaudières est tellement importante que j'ai cru devoir en faire l'objet d'un chapitre spécial.

L'accès de l'ouvrier à l'intérieur de la chaudière nécessite des pertes de temps considérables pour le

refroidissement des tôles et des maçonneries et plus d'un travailleur a trouvé la mort dans cette pénible besogne.

De là résultent de fortes déperditions de chaleur et l'obligation, dans la plupart des circonstances, de disposer de chaudières supplémentaires dites de rechange. Considérons un massif de trois générateurs, dont un de rechange, et supposons celui du milieu mis hors feu pour nettoyage ou réparation. Le retrait du métal, plus considérable et plus rapide que celui de la maçonnerie environnante, donne lieu au mouvement inégal dans leurs enveloppes de tout le corps cylindrique et des tubes, ainsi qu'au glissement des pattes sur leurs points d'appui. Tandis que le milieu du massif est refroidi, les extrémités latérales possèdent une haute température qui va diminuant avec leur distance par rapport au foyer éteint. La remise à feu de la chaudière de rechange provoque une nouvelle dilatation, inégale d'un bout à l'autre, des tôles et des parties contiguës des maçonneries, pendant que l'un ou l'autre des générateurs voisins se refroidit et, partant, se contracte, en attendant son tour de nettoyage. Il s'ensuit une dislocation progressive des enveloppes et un déplacement successif des chaudières, dont les conséquences peuvent être parfois très graves, si ces faits échappent à la vigilance du chauffeur.

C'est ainsi que j'ai constaté, il y a quelques années, que la partie antérieure d'une chaudière de sucrerie était ainsi descendue, au point que le niveau d'eau moyen, représenté par l'index du tube en verre, se trouvait à plusieurs centimètres en dessous de la partie supérieure des carneaux. Le chauffeur laissait donc, sans s'en douter, une grande surface de la tôle privée d'eau à l'intérieur et chauffée directement à l'extérieur. Une profonde lézarde vint heureusement s'ouvrir à

l'avant de la chaudière et attirer l'attention du personnel de la fabrique sur un fait plus fréquent qu'on ne le croit généralement et de nature à rendre, à un moment donné, plutôt dangereux qu'utile, l'emploi de certains appareils dits de sûreté.

Donc, indirectement, la formation des dépôts dans les chaudières peut devenir une cause de destruction des maçonneries et, comme conséquence, jeter le trouble dans le fonctionnement de divers appareils accessoires.

Si les incrustations peuvent être la source de tant de maux, ce n'est pas à dire pourtant qu'elles soient entièrement dépourvues d'avantages, et on leur doit probablement d'avoir conjuré plus d'un danger.

Les concrétions calcaires, et spécialement celles des eaux séléniteuses, offrent, sous certaine épaisseur, une résistance sans laquelle on expliquerait difficilement que des tôles, réduites en certains points à l'épaisseur d'une feuille de fort papier, aient pu supporter pendant des semaines une pression de plusieurs atmosphères.

Elles protègent les tôles contre la corrosion extérieure, en diminuant les fuites aux joints et aux rivures et ainsi amoindrissent en quelque sorte les effets du mal qu'elles ont pu causer d'autre part en provoquant la rupture du métal.

Enfin, les incrustations garantissent la surface intérieure de la tôle contre l'oxydation par l'eau et l'attaque par les acides, dont celle-ci peut être chargée soit naturellement, soit accidentellement. Aussi, dans certains cas, est-il convenable d'introduire dans la chaudière un peu d'eau tenant certains sels en dissolution et, pour les navires, on recommande dans ce but d'ajouter à l'eau douce une faible proportion d'eau saumâtre, qui dépose sur la tôle un revêtement protecteur contre la corrosion du métal.

Comme nous le verrons plus loin, les dépôts peuvent exister isolément ou simultanément, soit sous forme de couches adhérentes plus ou moins dures, soit à l'état de boues qui se meuvent au sein de la masse liquide pendant l'ébullition, mais viennent, au repos, s'accumuler à l'avant du foyer.

Tant que l'eau n'entre pas en ébullition, ou du moins tant que le mouvement des molécules liquides n'est pas suffisant pour tenir en suspension la masse des matières pulvérulentes déposées sur le fond de la chaudière, celles-ci peuvent occasionner les mêmes accidents que la couche de concrétion calcaire, en s'opposant au contact immédiat de l'eau avec la tôle qui s'échauffe et peut se brûler. La dilatation des chaudières dans ces circonstances est quelquefois énorme. M. Vinçotte a eu occasion d'observer qu'un générateur un peu long se levait de 20 millimètres à la remise à feu, à cause de l'existence sur le fond d'un dépôt de boues fines.

Lorsque la masse vaseuse se met en mouvement, les inconvénients que je signale disparaissent et, selon sa nature, il peut même en résulter certains avantages. Ainsi les substances argileuses, en suspension dans l'eau, constituent un préservatif naturel contre l'adhérence du tartre, tandis qu'au contraire le sable ou autres particules ténues et dures, entraînées par la vapeur, vont gripper les surfaces frottantes de la machine et engorger les appareils de sûreté du générateur.

Les matières grasses agglutinent les boues et en forment une masse compacte, dont le simple contact sur la tôle empêche celle-ci d'être mouillée, devenant de cette façon une cause fréquente de coups de feu. Mais, n'anticipons pas sur un sujet qui trouvera certain développement dans une autre partie de ce travail et passons à l'étude de la formation des dépôts.

CHAPITRE II

FORMATION DES DÉPÔTS

Pour mieux faire saisir comment se forment les dépôts adhérents et autres, nous allons passer en revue les principaux phénomènes physiques et chimiques qui se passent dans un générateur en marche. La question est complexe et les effets produits, d'autant plus nombreux que les causes peuvent varier constamment.

La composition et la température de l'eau d'alimentation, la pression et partant la température de la vapeur engendrée, la disposition et la forme de la chaudière, la position et les types des foyers adoptés, l'espèce et la quantité des matières employées à la désincrustation, les divers modes d'alimentation eux-mêmes sont autant de causes qui agissent sur la nature, la forme, l'abondance et la disposition des dépôts.

En attendant que le procédé d'éclairage électrique intérieur des chaudières, essayé avec succès tout récemment par la *London Patent-Boiler Company*, nous permette de connaître *de visu* quelle est la véritable marche des courants pendant la génération de la vapeur, nous essaierons d'en faire une étude sommaire basée sur le raisonnement comme sur les données d'observations recueillies par la pratique.

Dans les chaudières en général, les parties exposées directement à l'action du foyer sont relativement peu étendues par rapport à la surface de chauffe totale. Sous l'action du tirage, les flammes lèchent plus ou moins obliquement les parois, cèdent à celles-ci une partie de leur chaleur par l'effet du rayonnement et du

courant d'air chaud qui traverse constamment le combustible et se transforment en fumées en se refroidissant de plus en plus jusqu'à leur arrivée dans la cheminée; de telle sorte que, dans les meilleures conditions du problème, la chaleur abandonnée par la houille qui atteindrait au foyer 1,250 degrés, serait tombée, au point d'évacuation des fumées, à la température de 300 degrés correspondant au maximum du tirage. Les tôles reçoivent ainsi une forte chaleur sur une surface relativement restreinte et ne sont plus chauffées, pour la partie restante, que par des gaz à température décroissante.

Considérons d'abord le type de chaudière le plus simple : Corps cylindrique, horizontal, à foyer extérieur. Les différences de températures du liquide, de l'avant à l'arrière, des parties inférieures à celles supérieures de la chaudière, donnent naissance à un mouvement *dans* l'eau et aussi à plus d'un mouvement *de* l'eau, comme le fait observer M. Robert Wilson.

Les mouvements ascendant et descendant des molécules liquides s'expliquent aisément par l'effet de la dilatation et l'état d'équilibre qui tend à s'établir à chaque instant au sein de la masse fluide. Les couches d'eau inférieures, chauffées les premières, se substituent insensiblement à celles supérieures plus froides : d'où, un mouvement continu de bas en haut et de haut en bas, qui finit par amener à la surface du liquide des molécules de plus en plus chaudes.

A une simple évaporation succède enfin une ébullition, d'autant plus retardée que la pression de la vapeur devient plus considérable, la température du liquide nécessaire à la génération de la vapeur dépendant de la pression dans la chaudière ; principe bien connu, mais qui demande à être rappelé comme étant d'une haute importance pour l'étude de la formation des

dépôts. Mais en même temps, dans le type considéré, la portion de liquide directement chauffée par les flammes du foyer se dilate, se gonfle plus qu'à l'arrière en contact seulement avec les fumées et la surélévation de niveau donne naissance à un mouvement de la masse de l'avant à l'arrière et *vice versa*. Il se forme donc ainsi deux courants dirigés, le plus froid vers le foyer, l'autre vers l'extrémité de la chaudière.

Dès les premiers instants de l'ébullition, les écumes et autres dépôts légers tendent à surnager malgré l'effet des courants ; les autres substances, maintenues également en suspension et obéissant aux divers mouvements du liquide, vont effleurer constamment les parois de la chaudière.

Les sels en dissolution se précipitent d'abord très lentement, puis abondamment lorsque le degré de saturation du liquide est atteint. Suivant la nature des divers sels dissous, la masse précipitée se sépare en deux parties, l'une qui n'a aucune tendance à s'agréger et se joint aux matières en suspension pour se porter vers l'arrière du générateur ; l'autre qui résulte de la cristallisation de certains sels et constitue un dépôt concrétionné adhérent sur les surfaces métalliques sous forme de croûte plus ou moins cristalline.

Les tôles les plus chauffées donnant lieu à la plus forte vaporisation, partant à la plus grande précipitation, il semble que c'est sur ces parties de la chaudière que les dépôts concrétionnés doivent acquérir le plus d'épaisseur, tandis que le contraire est vrai. La violence même de l'ébullition, jointe aux variations de dilatation du métal et du tartre sous les différentes intensités du feu, fait détacher la croûte pour ainsi dire à mesure de sa production. La couche, qui parvient à résister à ces effets combinés, ne présente généralement qu'un seul lit homogène et d'une épaisseur

dépassant rarement 1 millimètre après un mois de marche, abstraction faite bien entendu des fragments détachés que le remous ramène sur les tôles de foyer et qui vont former un amas d'écailles, faciles à distinguer du dépôt stratifié, par leur forme et leur disposition en tous sens.

Dans les parties éloignées du feu, au contraire, l'ébullition est plus lente, l'adhérence moins contrariée et la croûte beaucoup plus épaisse. L'incrustation est composée presque toujours d'une série de lits en stratification parallèle à la paroi et de nuances diverses nettement tranchées.

On a même cherché à calculer son âge par le nombre et l'épaisseur des filets sédimentaires; mais la cause de ces formations est multiple et ne peut toujours être déterminée pour chaque cas particulier. Pendant l'arrêt de la chaudière, les boues et certains sels que nous avons vus se mêler à la masse en suspension, se logent dans les pores du premier lit déposé pendant la vaporisation et qu'ils recouvrent d'une nouvelle couche généralement fort épaisse et de teinte plus ou moins foncée. Après la mise en marche, une partie de cette seconde couche reste adhérente et se durcit par l'effet d'une élévation de la température, tandis que le restant des dépôts, remis en mouvement par l'ébullition, se réunit aux nouveaux sels précipités, pour donner naissance à un troisième lit qui se recouvre lui-même d'une autre couche au chômage suivant et ainsi de suite. De là cette succession de lits, parfois très nombreux et dont chacun semble indiquer une phase du fonctionnement du générateur ; toutefois, la grande variété de composition des eaux d'alimentation consommées pendant une période donnée peut communiquer aux dépôts des nuances différentes, peu accusées d'une époque à l'autre et provoquer la formation de

sédiments, dont la stratification en lits distincts est plutôt apparente que réelle. Ici une suspension du travail pendant un jour ou deux suffit pour la production d'une couche distincte ; là il faut l'arrêt et le renouvellement de l'eau de la chaudière ; bref, la question, sujette à erreurs, offre peu d'intérêt scientifique et la solution en est connue dans la plupart des cas.

Au fur et à mesure du dépôt de ces lits successifs, les premiers, les plus rapprochés de la tôle et séparés de l'eau par les couches superposées, se trouvent soumis à une température qui augmente avec l'épaisseur de la croûte et rend amorphe la masse primitivement cristallisée. Une inspection minutieuse fait voir, en effet, que l'aspect cristallin, conservé sur la face en contact avec le liquide, a complètement disparu sur le côté adhérant au métal.

Dans une chaudière cylindrique à foyer intérieur, la nappe d'eau qui se trouve au dessus des flammes est ordinairement peu épaisse et par suite s'échauffe rapidement ; les courants ascendant et descendant qui s'établissent autour du tube intérieur ramènent vers le fond de la chaudière les boues et les écailles détachées des parties supérieures du foyer, parties qui sont soumises à de fréquentes dilatation et contraction suivant les diverses intensités du feu.

Donc, en principe, la surchauffe des tôles de ces types de générateur, par le fait de la présence de concrétions sur les parois, est moins à craindre que dans les chaudières à foyer extérieur.

Certaines dispositions de chaudière donnent lieu à des courants spéciaux que M. Robert Wilson appelle *circulation par tirage*, comme ceux par exemple qui se produisent d'une façon particulièrement énergique dans les générateurs Galloway. Dans ce système, les différences continuelles de température de l'eau qui se

trouve à l'intérieur et aux extrémités des tubes coniques, provoque dans ces derniers un mouvement ascensionnel très rapide qui, par l'entraînement des sels précipités, s'oppose à l'adhérence de l'incrustation sur les tôles. La visite de ces générateurs, après quelque temps de marche, montre que l'épaisseur du dépôt à l'intérieur des tubes transversaux diminue avec leur rapprochement du foyer et que la plus grande accumulation des sédiments se loge dans les parties postérieures de la chaudière.

L'examen, à ce point de vue, de tous les types de générateurs en usage m'entraînerait trop loin et je résumerai l'influence des phénomènes physiques sur les dépôts, en disant que les différentes dispositions de chaudières, par les directions imprimées aux courants, exercent une action très sensible non seulement sur la puissance de vaporisation, mais sur l'incrustation des tôles de foyer, les plus exposées aux coups de feu, que le choix du point d'introduction de l'eau dans le générateur est tellement important qu'un changement, opéré pour une cause ou l'autre, a souvent modifié la nature, la quantité, le lieu du dépôt et, partant, le danger des concrétions calcaires, que le sens donné à la marche des flammes et des fumées par rapport aux diverses parties de la chaudière n'est pas indifférent, qu'il importe de leur imprimer une direction telle que les sels précipités adhèrent principalement dans les endroits les plus faciles à nettoyer et qu'il convient d'adopter autant que possible, pour les systèmes tubulaires, des dispositions de nature à produire une circulation d'eau énergique qui compense, dans une certaine mesure, par une diminution d'épaisseur des dépôts, le rapport des pouvoirs conducteurs de deux parois métalliques également incrustées dont l'une, celle des tubes, est très mince et l'autre, celle des chaudières ordinaires, quatre à cinq fois plus épaisse.

Abordons maintenant l'étude de la formation proprement dite des dépôts d'après la nature des eaux utilisées à la génération de la vapeur. On sait que les sels dont les proportions dominent sont : les sels de chaux pour les eaux douces et les sels alcalins pour l'eau de mer; j'examinerai séparément, pour simplifier, les réactions qui se passent entre les principaux sels contenus dans ces deux sortes d'eau.

Eaux douces. — Généralement le carbonate de chaux constitue l'élément dominant de ces eaux, puis viennent les sulfates et chlorures de chaux et de magnésie, l'alumine, la silice, l'oxyde de fer, plus d'autres corps ou d'une grande solubilité, ou en proportion relativement minime.

La séparation par la chaleur des matières renfermées dans l'eau d'alimentation comprend deux phases dont la ligne de démarcation ne peut être toujours nettement tracée, mais qui sont ordinairement bien distinctes pour un certain écart entre les températures successivement communiquées à l'eau du générateur. Cette remarque emprunte son importance aux différents procédés à mettre en usage pour combattre les incrustations.

Le carbonate de chaux, quoique très peu soluble par lui-même, se rencontre parfois dans l'eau en très grande quantité à la faveur de l'acide carbonique, mais à un état fort instable. Si donc une partie de ce sel se précipite par le simple dégagement de ce gaz à l'air libre, à plus forte raison la chaleur intense du foyer doit-elle produire, dès les premiers moments de l'ébullition, un abondant dépôt presque toujours vaseux et donnant peu de concrétions.

Ce n'est pas à dire cependant que toute cette quantité de carbonate ainsi précipitée n'est pas incrustante, puisqu'à la longue des conduites d'eau froide se revê-

tent de dépôts adhérents ; mais la majeure partie se sépare ordinairement au début de la vaporisation, sous forme d'une masse pulvérulente qui est entraînée par la force des courants avec les autres matières en suspension et constitue un premier dépôt, dont il est toujours facile de se débarrasser.

Après la séparation de la plus grande partie du carbonate de chaux qui doit à l'acide carbonique sa présence dans l'eau d'alimentation, celle-ci en retient encore une certaine quantité, relativement très faible, due à son pouvoir dissolvant propre. L'accroissement de la pression dans la chaudière et par suite l'élévation de la température du liquide opèrent une élimination lente de cette portion de sel, qui cristallise au fur et à mesure de la saturation de l'eau et donne lieu à un second dépôt, cette fois concrétionné et adhérent.

S'il existe en même temps du sulfate de chaux, beaucoup plus soluble que le carbonate, ce sel se précipite à son tour en se cristallisant lorsque la saturation arrive pour lui et de nouvelles concrétions viennent augmenter l'abondance et surtout l'adhérence des matières incrustantes.

Ce second dépôt est donc bien distinct au moment de sa formation ; mais, par suite de la faible conductibilité du tartre, le métal s'échauffe bientôt sous l'action directe du foyer, la croûte qui tapisse les tôles du coup de feu se fendille et, comme nous l'avons vu, de nombreux fragments se détachent par l'effet de l'ébullition, pour être emportés par les courants et s'ajouter aux boues qui constituent le premier dépôt.

Si enfin la chaudière fonctionne à une pression supérieure à 4 1/2 atmosphères, carbonate et sulfate calciques seront entièrement séparés lorsque se produira l'ébullition, puisque la précipitation en est complète à la température de 150 degrés.

En conséquence, on peut dire en général que, pour les eaux douces, l'agent constitutif du dépôt incrustant est le carbonate de chaux, tantôt seul, tantôt mélangé à une certaine proportion de sulfate de la même base.

Quant aux sels de magnésie, à l'état de carbonate, de chlorure ou de sulfate, ils se partagent également, sous l'action de la chaleur, en dépôt pulvérulent et en dépôt concrétionné. Au premier appartiennent le sous-carbonate de magnésie et la magnésie libre, sans aucune tendance à s'agréger et dus, celle-ci à l'action du chlorure de magnésium sur le carbonate de chaux qui laisse dégager l'acide carbonique par l'ébullition et se transforme en chlorure calcique, celui-là au dégagement d'une partie de l'acide carbonique du carbonate neutre de magnésie qui s'est décomposé sous l'impression de la chaleur.

D'autre part, le sulfate de magnésie, en présence du chlorure de chaux, donne du sulfate calcique, qui s'ajoute à celui apporté par l'eau d'alimentation ainsi qu'à l'excédent de carbonate de chaux non décomposé par la proportion relativement minime de chlorure magnésique, pour former le second dépôt stratifié et adhérent.

Eaux de mer. — On sait que le sel, dont la quantité domine dans ces eaux, est le chlorure de sodium, puis se présentent, d'après l'ordre décroissant d'importance, le chlorure et le sulfate de magnésie, le sulfate de chaux, le chlorure et le sulfate de potassium, les carbonates magnésique et calcique, les iodures alcalins, les bromures, etc.

Les mêmes réactions que dans l'eau douce se produisent entre les sels de chaux et de magnésie ; mais ici la forte proportion de chlorure de magnésium par rapport à celle du carbonate de chaux s'oppose à la précipitation de celui-ci ; tandis que la composition des

eaux saumâtres permet la saturation de l'acide sulfurique par la chaux et le sulfate calcique qui en résulte, moins soluble que tous les autres sels formés, constitue l'élément essentiel des dépôts tant vaseux que concrétionnés.

Donc, l'incrustation due à l'eau de mer se distingue des concrétions d'eau douce, en ce que la chaux s'y trouve à l'état de sulfate et jamais de carbonate.

Comme l'eau de mer marque, à la température ordinaire, de 3 à 3 1/2 degrés Beaumé et qu'elle se trouve à 4 degrés de concentration à la température de 124 degrés centigrades, c'est-à-dire sous la pression de 2 1/4 atmosphères, on voit, comme l'a fait observer M. Cousté, qu'elle est très voisine de son point de saturation par rapport à ce sel au moment de son introduction dans la chaudière.

On comprend dès lors que, pour des pressions supérieures, les dépôts concrétionnés se produisent rapidement et abondamment, la température seule du liquide, sans l'évaporation, étant suffisante pour amener la sursaturation par rapport au sulfate de chaux. C'est ce qui a fait dire à M. Cousté qu'avec l'eau saumâtre l'emploi de la vapeur à haute pression sera impossible, tant que l'on ne pourra prévenir l'incrustation des générateurs et que les procédés ordinaires d'évacuation ne sont qu'un palliatif qui laisse tout le sulfate dans la couche adhérente à la tôle, l'eau se trouvant sursaturée par rapport à ce sel à la température de 150 degrés.

Toutefois, la Commission centrale des machines à vapeur de France a fait observer, à ce propos, que cette opinion est trop absolue, que les systèmes de chaudières construits pour provoquer une circulation d'eau rapide pourraient, non seulement empêcher l'adhérence du dépôt, mais encore conserver les surfaces parfaitement décapées ; que sous la violence de l'ébullition

les matières solides sont portées à la surface du liquide et que l'extraction de celles-ci pourrait s'opérer, par exemple, au moyen d'un tube fendu règnant sur toute la longueur de la chaudière.

Les anciens générateurs à carneaux ou à galeries, employés il y a une quarantaine d'années, ne pouvaient, en effet, marcher qu'à basse pression, tant à cause de leur forme de faible résistance que des dangers de l'incrustation des parois ; mais avec la forme cylindrique, les systèmes tubulaires et les perfectionnements qui sont apportés tous les jours dans la construction des chaudières marines, la pression s'élève de plus en plus et l'on peut dire qu'aujourd'hui l'emploi de la haute pression avec l'eau de mer n'est plus un obstacle insurmontable.

J'arrive maintenant à l'examen des quantités de dépôts qui se forment dans les générateurs alimentés, soit à l'eau de mer, soit à l'eau douce. Pour nous rendre compte du poids énorme de matières pulvérulentes et concrétionnées dont se chargent les chaudières marines, prenons un générateur de vapeur de 100 mètres carrés de surface de chauffe, alimenté à l'eau de mer qui contiendrait 22 kilogrammes de matières fixes par mètre cube, dont 3 kilogrammes de sulfate calcique, c'est-à-dire à peu près la moyenne des proportions existantes. Une vaporisation de 20 litres d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe (évidemment beaucoup trop faible pour une chaudière de navire) donnerait lieu à une consommation de 720 mètres cubes d'eau pendant une traversée de quinze jours et occasionnerait dans la chaudière un dépôt total de 15,840 kilogrammes, s'il n'était procédé pendant tout le voyage à l'évacuation, au fur et à mesure de la production des dépôts pulvérulents, d'une grande partie des matières précipitées qui restent en suspension.

Mais ces vidanges ne sont à peu près d'aucune ressource pour l'extraction des substances concrétionnées. Or, si le générateur reçoit 3 kilogrammes de sulfate de chaux par mètre cube et que l'adhérence à la tôle en retienne, par exemple, les deux tiers, le poids de la croûte sera de 1,440 kilogrammes, qui correspondrait, pour une densité de 2.25 égale à celle du sulfate, à une couche de 6.4 millimètres d'épaisseur, supposée uniformément répartie sur toute la surface de chauffe.

On comprend, dès lors, les difficultés qui en résultent pour la navigation au long cours, surtout avec les machines à haute pression, puisque tout ce sel se précipite en masse pour ainsi dire avant la génération de la vapeur et, si l'on ne peut faire escale pour le nettoyage des parois, l'incrustation s'épaissit rapidement et les dangers, comme la consommation de combustible, peuvent augmenter en peu de temps, au point de compromettre le succès de la traversée sans un nombre suffisant de générateurs de rechange. C'est qu'il n'est pas rare, en effet, de trouver dans les chaudières navales des épaisseurs beaucoup plus considérables de concrétions calcaires. Ainsi, d'après M. Flachat, il est tel navire transatlantique, dont les générateurs, après moins d'un mois et demi de mer, rapportent avec eux un poids de 25,000 kilogrammes de dépôt, soit une couche de $0^m,009$ d'épaisseur supposée uniformément distribuée sur la surface de chauffe.

L'eau douce, beaucoup moins chargée, n'exige point la vidange aussi fréquente des matières séparées par la concentration, mais les incrustations qu'elle donne n'en sont parfois ni moins épaisses, ni moins dangereuses. Il est bien entendu que la désignation d'eau douce est prise par rapport à l'eau de mer et qu'il faut entendre par là toutes les sortes d'eau depuis la plus pure jusqu'à la plus séléniteuse. Sans aller chercher,

pour données des calculs, les eaux gypseuses de Paris, prenons par exemple l'eau provenant d'un puits de la rue du Canal, à Anvers, et contenant 2^{k},220 de résidus par mètre cube, on verrait, comme précédemment, en admettant 2.5 pour densité de la croûte, c'est-à-dire à peu près la moyenne de celles des carbonate et sulfate de chaux, que le dépôt, s'il était entièrement incrustant, donnerait une couche moyenne de 7.5 millimètres recouvrant toute la surface de chauffe après une marche de 420 heures ; tandis que dans la chaudière à réchauffeur, alimentée avec cette eau parfois mélangée d'un peu d'eau de pluie, M. Vinçotte n'a constaté que des épaisseurs variant de 0^{m},001 à 0^{m},004 pour la même durée de fonctionnement ; mais sur la tôle du foyer étaient entassées des boues et des écailles serrées les unes contre les autres et formant un amas de 0^{m},10 à 0^{m},25 de hauteur.

Cet ingénieur parle également d'incrustations de 0^{m},020 d'épaisseur, qu'il a trouvées dans deux tubes réchauffeurs d'une chaudière alimentée par les eaux de la Dyle, ainsi que d'un dépôt concrétionné, de provenance inconnue, variant de 0^{m},015 à 0^{m},065 d'épaisseur.

De mon côté, j'ai eu l'occasion de constater dans les chaudières du charbonnage de la Plante, à Namur, le dépôt, après moins de deux mois de marche, d'incrustations possédant 0^{m},060 à 0^{m},070 d'épaisseur, d'une couleur rougeâtre, en une seule couche très compacte, à grains fins et d'une dureté remarquable.

Cet exemple, que j'extrais de mon rapport sur les machines à vapeur pour l'année 1877, est suivi d'un autre non moins intéressant :

« Les eaux d'alimentation des générateurs du puits Sainte-Flore de la Société charbonnière de Ham-sur-Sambre donnent des résultats aussi extraordinaires :

ici la masse est composée de lits bien stratifiés, mais son abondance est telle que le nettoyage doit être effectué *toutes les semaines* ».

On trouve quelquefois des tuyaux de $0^m,05$ à $0^m,06$ de diamètre complètement obstrués, des locomotives dont certaines parties, notamment l'espace compris entre la chaudière et le foyer, sont totalement remplies d'incrustations, des chaudières tubulaires, principalement des locomobiles, dont tous les tubes disparaissent dans un seul et même bloc concrétionné, ainsi que des générateurs, à foyer intérieur, recouverts sous le cendrier d'un amas de dépôts durcis de $0^m,20$ d'épaisseur. Mais c'est le plus souvent le résultat ou des difficultés de nettoyage, ou d'une négligence impardonnable, ou même d'une ignorance sans excuse, et je ne rapporte de tels exemples que pour insister une fois de plus sur la nécessité de rechercher les moyens de prévenir le dépôt des matières adhérentes sur les tôles.

J'aime à croire, dans l'intérêt de la sécurité publique, que ces cas sont des exceptions chez nous et je remarque, en effet, que sur 1,300 chaudières soumises, pendant l'année 1875, à la visite du personnel de l'Association belge, une seule a été rencontrée qui, dans des circonstances toutes particulières, renfermait une croûte de $0^m,004$ au bout d'un mois et que rarement l'incrustation atteignait plus de $0^m,002$ d'épaisseur dans le même laps de temps.

Les diverses proportions relatives des sels de chaux à l'état de sulfate et de carbonate produisent, au surplus, des effets très différents selon les circonstances, et l'on voit formuler des opinions qui paraissent contradictoires au premier abord, alors que l'analyse des incrustations suffirait, me semble-t-il, pour trancher la question dans chaque cas particulier.

Ainsi, d'après les uns, bien que des dépôts exclusi-

vement formés de carbonate calcique présentent parfois les mêmes caractères que ceux dus au sulfate de la même base, ils sont plutôt en général de forme pulvérulente en l'absence de ce dernier sel. Pour d'autres, il est bien établi que le calcin des chaudières n'est pas seulement le résultat du sulfate de chaux, mais que la plupart de ces produits sont surtout composés de carbonate calcique.

Je crois qu'il n'est guère possible de donner des règles fixes en cette matière, parce qu'il n'existe point deux eaux qui se ressemblent comme composition qualitative, ni quantitative, qu'une même eau, incrustante dans certains cas, peut donner des dépôts pulvérulents dans d'autres, que telle masse concrétionnée et adhérente dans diverses parties du générateur se retrouve à l'état de boues en d'autres points, que pour un même liquide le sulfate de chaux se rencontre dans les endroits les plus chauffés généralement, tandis que le carbonate domine dans les régions les plus froides, que la nature et les propriétés des dépôts varient à l'infini avec les réactions chimiques, avec les effets purement mécaniques propres à chaque système de chaudière en usage, avec la pression de la vapeur engendrée et par suite avec la température de vaporisation du liquide.

D'ailleurs, la présence de certains sels ou autres corps existant à l'état naturel ou introduits accidentellement dans l'eau, peut venir modifier essentiellement la manière de se comporter du dépôt.

Les différences de longueurs d'une conduite d'eau d'alimentation suffisent pour donner, comme le cas s'est présenté plus d'une fois, un dépôt tantôt incrustant, tantôt pulvérulent, par le simple fait d'un dégagement plus ou moins abondant d'acide carbonique.

Frésénius a trouvé dans les eaux de l'Ems la proportion de 2.34 de carbonate de chaux, de magnésie,

dé fer et de manganèse, pour 11.35 de carbonate de soude, qui ne donne lieu absolument à aucune incrustation.

Une eau d'alimentation très pure par elle-même, provenant du reste du condenseur de la machine, a donné des amas d'un savon renfermant 88 p. °/₀ de stéarates de chaux et de fer et occasionnant la brûlure des tôles.

M. Tresca cite l'exemple d'une chaudière à trois bouilleurs, dans laquelle le tube le plus exposé à la chaleur ne renfermait à peu près que des sulfates; celui le moins chauffé n'avait retenu qu'un léger dépôt de carbonates terreux avec une faible proportion de sulfate calcique, tandis que celui du milieu était chargé d'incrustations contenant 90 p. °/₀ de carbonate de chaux.

Les dépôts peuvent se présenter sous quatre formes principales, seules ou réunies dans le même générateur : Tantôt ce ne sont que des écumes très légères, sans consistance et donnant par la dessication une poussière impalpable; tantôt ce sont de véritables amas de boues qui se déposent, sans adhérer, sur le fond de la chaudière en repos et qui, desséchées, fournissent une masse pulvérulente ou agglomérée, généralement onctueuse et facile à diviser. Ici une partie des matières solides s'étale et se colle fortement sur les parois, sous forme de croûtes d'une dureté et d'une compacité variables et composées d'un ou de plusieurs lits avec alternance de filets diversement teintés; là des écailles, disposées en tous sens, restent noyées dans les boues si elles n'ont été cimentées en une masse qui adhère plus ou moins contre les tôles.

C'est à cette dernière catégorie qu'il faut rapporter les incrustations, observées par M. Pérard, lesquelles avaient l'apparence d'un amas de fragments accolés

entre eux, ne présentant de stratification que du côté en contact avec la tôle et dont les feuillets supérieurs étaient verticaux ou diversement inclinés. Ce ne sont, en réalité, que des débris de dépôts de la troisième forme, détachés sous l'influence des variations de températures de la tôle et des concrétions calcaires, entraînés par l'effet des courants et soudés ensemble par la même cause que celle qui leur a donné naissance.

Sous le rapport des substances contenues dans l'eau et d'après leur degré de solubilité, on peut distinguer généralement trois cas, surtout avec l'eau de mer et les eaux courantes : les matières insolubles et par suite en suspension qui entrent dans les boues, les sels peu solubles qui, sous l'action de la chaleur, se précipitent pour constituer les incrustations proprement dites et les corps très solubles, dont la présence ne peut concourir à la formation du dépôt que pour autant qu'un défaut de vidange permette au liquide de dépasser son point de saturation.

Au point de vue de l'aspect, de la couleur et de la structure, les incrustations offrent les plus grandes variétés : les unes sont friables et onctueuses, tandis que d'autres se laissent difficilement rayer par le fer. Les nuances les plus diverses s'y rencontrent, depuis le blanc plus ou moins sale jusqu'à la teinte entièrement noire, en passant par le jaune, le rouge, le brun et le gris, selon les proportions relatives de sels de chaux, d'oxyde ferrique, de matières organiques en dissolution, de graisses ou d'autres corps insolubles amenés en suspension.

La corrosion du métal communique des teintes brunâtres et noirâtres, de telle sorte que la teinte de l'incrustation se fonce ordinairement de plus en plus, depuis la face en contact avec l'eau jusqu'à celle qui touche à la tôle.

La surface extérieure est tantôt régulière, tantôt très inégale, souvent mamelonnée et parfois remplie de cavités, voire même de perforations complètes dues apparemment à un dégagement de gaz.

La cassure rappelle, suivant la nature, ou le tuff ou la pierre ponce. Les concrétions les plus tendres sont terreuses ou grenues et les plus dures montrent au clivage une structure fibreuse, feuilletée ou cristalline.

Je ferai d'ailleurs observer en passant, sauf à y revenir plus loin, que l'étude des caractères des dépôts et la recherche des moyens propres à prévenir les incrustations ne peuvent aboutir sans le secours des analyses, et de l'eau d'alimentation, et des matières solides abandonnées dans la chaudière.

Il ne suffit pas de constater un inconvénient et d'abandonner au hasard la découverte du remède ; il faut remonter des effets à la cause et se rendre parfaitement compte de l'origine du mal. C'est dans cette voie seule que sera la réussite, comme l'a très bien compris M. Vinçotte. Malgré les nombreux cas observés par lui pendant une période d'une douzaine d'années, cet ingénieur en est arrivé à confesser que son expérience ne lui permet pas encore de se prononcer sur les meilleurs procédés de désincrustation et, en attendant, il fait procéder avec soin à de nombreuses analyses, dont on lira avec intérêt les résultats comparatifs publiés notamment dans l'excellent rapport de l'Association belge des propriétaires de chaudières pour l'exercice 1875, Association dont l'utilité et le succès s'affirment chaque jour davantage et à laquelle tout homme de cœur doit rendre un légitime hommage pour l'intelligence et le dévouement qu'elle met au service d'une cause essentiellement humanitaire.

CHAPITRE III

DE L'ANALYSE DES EAUX D'ALIMENTATION

On peut se demander si une analyse complète, quantitative, de l'eau d'alimentation est indispensable pour chaque cas particulier.

Certes, il n'est pas toujours possible de reconnaître, à la simple inspection de petites quantités d'un dépôt concrétionné, si l'eau qui lui a donné naissance est ou carbonatée ou sulfatée, une eau très dure pouvant donner, en certains points du générateur, des incrustations à peu près dépourvues de sulfate et fortement chargées de carbonate de chaux.

Mais la connaissance du type de la chaudière, l'examen attentif d'un ensemble d'échantillons recueillis en divers endroits du générateur et l'essai fort simple conseillé par M. Van den Corput suffiront, le plus souvent, pour établir si l'eau est minéralisée par du carbonate ou par du sulfate de chaux.

Ainsi généralement l'incrustation formée de carbonate de chaux présente une teinte légèrement foncée, une certaine compacité, une surface rugueuse et inégale, une cassure plutôt grenue que cristalline et fait d'ailleurs effervescence avec les acides ; alors que dans les concrétions composées principalement de sulfate de chaux, la teinte est ordinairement plus blanche, la cassure cristalline, la surface plus polie et l'effervescence à peu près nulle avec les acides dilués.

Si, d'autre part, la chaux n'existe point à l'état de chlorure de calcium dans l'eau à essayer, on prendra deux quantités égales du liquide, dont l'une sera soumise à l'ébullition et filtrée. De la liqueur titrée de

savon, versée ensuite dans les deux volumes, produira dans l'un et l'autre, à doses égales, une mousse persistante si l'eau est séléniteuse ; tandis que l'eau crue exigera plus de savon que l'eau bouillie, si le liquide est chargé de carbonate de chaux seulement.

Toutefois, une analyse qualitative n'est pas toujours suffisante et l'on aura recours au procédé hydrotimétrique, procédé simple, rapide, à la portée du grand nombre des industriels et assez complet dans la plupart des cas. Qu'il me suffise de rappeler à ce propos qu'en général, *pour les eaux douces*, chaque degré hydrotimétrique représente à peu de chose près *un centigramme* de sels terreux contenus dans un litre d'eau.

Il importe surtout, tant au point de vue de la corrosion que sous le rapport de l'incrustation des tôles, de rechercher la proportion d'acide sulfurique libre ou à l'état de sulfate que contiennent les eaux d'alimentation. Dans une note lue en 1878 à l'Académie des sciences (1), M. Aug. Houzeau propose, pour le dosage de cet acide dans l'eau, une méthode volumétrique simple et suffisamment précise ; ce procédé que je me borne à indiquer, fait intervenir trois éléments nouveaux dans la méthode volumétrique :

1° La substitution du compte-gouttes à la burette graduée ;

2° La notion du temps dans la réaction ;

3° Et surtout l'emploi de l'équivalent empirique ($0^{m.gr.}$,485 d'acide sulfurique par goutte de la liqueur) au lieu de l'équivalent théorique, dans le rapport entre le corps précipité et le corps précipitant. Ce procédé peut être également appliqué au dosage de la chaux et d'autres oxydes métalliques.

Enfin, les essais hydrotimétriques pouvant être en-

(1) Comptes-rendus, t. LXXXVII, p. 109.

tachés d'erreurs par la présence simultanée des sels de fer et de manganèse, de la silice, de l'alumine, et en général, par les matières qui n'ont aucune action sur la liqueur de savon, il faudra nécessairement recourir à une analyse chimique complète des eaux, chaque fois que l'on voudra une précision et une exactitude rigoureuses. D'ailleurs la chose en vaut la peine dans un très grand nombre de cas et il n'y a pas à marchander le coût d'une telle opération lorsqu'il peut s'agir des intérêts de l'industriel et de la sécurité publique.

Il sera donc procédé alors à une analyse de laboratoire, non seulement de l'eau d'alimentation, mais aussi du dépôt formé; c'est seulement après une connaissance parfaite de la composition de l'un et de l'autre que l'on s'occupera des moyens de désincrustation, en s'aidant, dans chaque circonstance particulière, des renseignements fournis par la pratique et qui seront passés en revue dans la seconde partie de ce travail.

Mais avant d'aborder le sujet principal de cette étude, je dirai quelques mots du rôle que jouent certains corps en dissolution ou en suspension dans l'eau.

CHAPITRE IV

DE L'ACTION DE CERTAINES SUBSTANCES CONTENUES DANS L'EAU D'ALIMENTATION

Des corps gras. — Pendant longtemps, des chaudières ont été mises hors de service après quelques semaines de fonctionnement, sans que la nature de l'agent destructeur ait même été soupçonnée et ce n'est guère que depuis une vingtaine d'années que

l'influence pernicieuse des graisses sur la marche des générateurs de vapeur a fait l'objet de recherches sérieuses et d'observations très intéressantes.

Bien que les explications des phénomènes qui se produisent ne soient pas toutes satisfaisantes, il est bien reconnu aujourd'hui que certains effets constatés n'ont d'autre cause que la présence des matières grasses dans l'eau.

Le fait paraissait d'autant plus étrange avant cette découverte que les précautions prises en vue de combattre l'incrustation des chaudières, l'emploi des eaux de condensation, provoquaient au contraire une détérioration des tôles plus rapide et plus profonde qu'auparavant. Le remède devenait pire que le mal et il est assez curieux de constater que, dans la plupart des cas de l'espèce qui ont été signalés, le dernier moyen d'investigation employé était précisément l'analyse de l'eau à laquelle, vu sa grande pureté, l'on ne songeait point à attribuer des propriétés nuisibles.

De nombreux accidents dus à cette cause ont été observés par M. Vinçotte et se trouvent rapportés dans le compte-rendu, page 153, des séances du Congrès des ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Bruxelles les 8, 9 et 10 juillet 1877.

Les corps gras servant à la lubrification des pistons à vapeur, tiroirs de distribution, etc., sont entraînés par la vapeur de la décharge et amenés par la condensation de celle-ci dans l'eau destinée à l'alimentation de la chaudière. D'autre part, il peut y avoir introduction directe de ces matières dans le générateur, soit par les pompes d'alimentation et les appareils de sûreté, soit par les lampes des ouvriers occupés au nettoyage des tôles, soit même par la présence de certains enduits dont on revêt l'intérieur des parois pour

prévenir l'adhérence du tartre. Enfin, les eaux d'alimentation elles-mêmes peuvent contenir des substances grasses, notamment celles qui proviennent de travaux souterrains en général et des exploitations de mines de houille en particulier.

Quelle qu'en soit la cause, l'existence de ces corps dans la chaudière peut provoquer, de plusieurs façons, des désordres graves dans la conduite des appareils à vapeur.

Sous l'influence de la température élevée de l'eau, certaines graisses, accumulées dans le générateur, se décomposent en glycérine et en acides gras qui exercent leur action corrosive sur les surfaces métalliques; le dépôt, composé d'oxyde et de savon de fer, adhérant fortement aux parois et ne se laissant point mouiller par l'eau, le métal se surchauffe et se brûle, des fissures se déclarent, les rivures se disjoignent et enfin la destruction de la chaudière, produite rapidement, peut exposer aux plus grands dangers.

M. Vinçotte a pu, malgré la présence d'une couche d'eau, porter au rouge une tôle qu'il avait préalablement saupoudrée d'une poussière blanche trouvée dans une chaudière alimentée d'eaux grasses.

Si le liquide contient des sels de chaux et de magnésie, ceux-ci réagissent à leur tour sur les acides gras combinés à la glycérine ou rendus libres et donnent naissance à des savons calcaires, également insolubles.

Ces matières peuvent, dès lors, occasionner par leur dépôt la brûlure des tôles et, par leur entraînement, le grippement de certains organes de la machine à vapeur.

Le danger des incrustations serait ainsi augmenté dans une large mesure et le rapporteur de la Commission centrale des appareils à vapeur de France,

à l'occasion de l'explosion de chaudière survenue le 23 avril 1874, dans un établissement de la Villette, à Paris, a proposé à ce corps savant d'émettre l'avis :

« 1° Que, conformément à l'opinion exprimée par MM. les ingénieurs du service de surveillance, l'accident arrivé dans la raffinerie de M. Lebaudy est dû principalement à la formation, sur une partie de chaudière exposée à une chaleur intense, d'un dépôt isolant provenant de la réaction provoquée par le mélange, à haute température et haute pression, d'eaux de condensation grasses et d'eaux naturelles contenant des principes calcaires ;

« 2° Qu'il conviendrait, en raison de la cause spéciale et encore peu connue de cet accident, d'insérer dans les *Annales des Mines* et dans celles des *Ponts et Chaussées* le rapport de la commission ; et

« 3° Qu'il y aurait un intérêt sérieux à recommander aux ingénieurs d'appeler l'attention des industriels sur les inconvénients et le danger qu'offre l'emploi simultané ou intermittent, pour l'alimentation des chaudières, d'eaux naturelles calcaires et d'eau de condensation provenant, soit des machines motrices, soit de certains appareils d'élaboration où l'on se sert de principes graisseux. »

En Belgique, par sa circulaire du 16 mars 1877, M. le Ministre des travaux publics a cru également devoir attirer sur cet objet l'attention des administrations chargées de la surveillance des machines à vapeur.

Toutefois, l'explication donnée de l'effet direct destructif des tôles par les acides gras ne satisfait pas tous les esprits. Au congrès de 1877, rappelé plus haut, M. Bour a rapporté qu'il a vu souvent de la graisse et des savons calcaires ne présenter aucun inconvénient dans les chaudières. Il est vrai que plus

récemment, au septième congrès tenu à Bordeaux en septembre 1882, cet ingénieur a fait connaître divers accidents survenus à la nouvelle chaudière tubulaire du bateau à vapeur *l'Allobroge* de la Société de navigation du lac d'Annecy et dus certainement aux graisses provenant des eaux d'alimentation prises à la partie supérieure du condenseur, alors que l'ancien générateur, alimenté par les mêmes eaux, n'avait jamais subi de semblables avaries. D'où il conclut « qu'il semble que les eaux grasses n'ont d'action fâcheuse que dans des conditions particulières qui ne nous sont pas encore bien connues » ; mais que « s'il y a bien des cas où les eaux grasses ne font pas de mal, elles ne font jamais de bien ».

Dans la même réunion, M. Schmidt, après avoir signalé de nombreux cas analogues, arrive à peu près aux mêmes conclusions et se demande si la présence des graisses n'aurait pas pour résultat de ralentir l'ébullition, d'exiger une plus grande activité du foyer, partant « de faire dépasser la limite à partir de laquelle les tôles, étant surchauffées, commencent à se détériorer ».

M. Walther Meunier, qui en 1877 n'avait pas encore constaté de corrosion par la graisse dans les générateurs de l'Association alsacienne, alimentés par des eaux calcaires, a observé au contraire que, dans le rayon de Mulhouse, l'action de ces substances augmente avec la pureté des eaux d'alimentation.

M. Vinçotte trouve la preuve de l'action corrosive des corps gras sur les tôles dans le fait de l'existence du fer dans les savons et substances grasses que la chaudière renferme ; il a toutefois remarqué des effets, tantôt à peu près nuls, tantôt très énergiques, qu'il attribue à la composition de l'eau, mais il n'a pu encore déterminer la loi qui les régit.

De son côté, M. Cornut a rencontré des faits tellement contradictoires qu'il ne peut s'expliquer les réactions et les circonstances qui donnent lieu aux phénomènes observés, d'autant plus que les corps employés à la lubrification sont ordinairement très complexes et renferment des substances étrangères acides, basiques ou neutres, introduites par la falsification.

Enfin, M. Weiss n'admet pas que les graisses agissent directement sur le métal; il faut en même temps, selon lui, le concours d'autres circonstances pour déterminer une action corrosive. Ainsi, dans les eaux gypseuses, les acides gras sont neutralisés par la chaux avec laquelle ils forment des savons calcaires insolubles, n'exerçant d'action sur les tôles que par la proportion d'acide sulfurique rendue libre. Il attribue, d'autre part, à l'électricité produite par la projection violente de la vapeur contre les parois supérieures de la chaudière la formation d'ozone, lequel, par l'oxydation des huiles, transforme celles-ci en produits corrosifs dans le cas, assez fréquent, de la présence d'essences minérales qui jouissent de la propriété de condenser facilement l'oxygène. Mais encore cela n'expliquerait pas l'attaque du fer par les corps gras en l'absence du sulfate de chaux et des principes minéraux que M. Weiss fait intervenir, et ces idées, présentées devant le Comité de chimie de la Société industrielle de Mulhouse, n'ont point paru à ce dernier suffisamment démontrées par les faits d'expériences.

Quoi qu'il en soit, la pratique fait voir que généralement les acides gras, par leur combinaison avec l'oxyde de fer, enlèvent à celui-ci la propriété de former une rouille protectrice des surfaces métalliques en contact avec la vapeur et tendent à activer constamment la destruction des parois.

D'autre part, les matières grasses, flottant à la sur-

face de l'eau, peuvent en retarder notablement le point d'ébullition et tout le monde connaît cette expérience de M. Galy-Casalat, qui est parvenu, par une addition d'huile dans de l'eau préalablement privée d'air, à porter la masse liquide à la température de 123 degrés sans obtenir d'ébullition, lorsque tout à coup se produisit une violente explosion qui projeta au dehors une grande partie du liquide.

Il me paraît également intéressant de citer à ce propos l'avis de M. l'ingénieur en chef de la 2e direction des mines à Liège, au sujet de l'explosion déjà mentionnée d'une chaudière de la Société charbonnière de la Plante, à Namur :

« L'étude des faits constatés au rapport de M. l'ingénieur Fineuse, dit ce haut fonctionnaire, m'a conduit à penser que si cet accident doit être surtout attribué à l'amincissement considérable de certaines parties des tôles produit par l'action d'une eau corrosive, il a pu cependant avoir pour cause auxiliaire un choc provoqué, lors de l'ouverture du modérateur, par une ébullition violente de la masse liquide surchauffée sous une couverture de matières grasses qui s'étaient accumulées à la surface de manière à y former une couche d'une certaine épaisseur. »

« La nature acide des eaux d'alimentation et très probablement aussi les matières grasses qu'elles renferment créent donc à l'emploi des chaudières du puits Saint-Louis un danger dont nous devons nous préoccuper. »

J'avais, en effet, constaté dans l'enquête :

1° La présence de corps gras dans la bâche d'alimentation qui reçoit la décharge de la machine d'extraction ;

2° La difficulté pour le chauffeur de « faire sa vapeur » peu de temps avant l'accident ;

3° L'audition, dès les premiers tours de manivelle pour ouvrir le modérateur, d'un bruit sourd suivi bientôt de l'explosion du générateur, mais après une plus grande ouverture de la soupape ;

4° Une corrosion profonde des tôles à la hauteur du niveau moyen de l'eau dans la chaudière ; et

5° Des rigoles nombreuses et profondes creusées verticalement dans les tôles de la chambre de vapeur.

D'où je crus pouvoir conclure que les cavités étaient dues à des acides, introduits par des corps gras flottant sur l'eau ainsi que par le liquide ayant séjourné dans le générateur pendant les chômages et que la propriété corrosive des quantités de vapeur, condensées à l'intérieur de la chaudière, avait déterminé la formation de rigoles nettement accusées dans les parois de la chambre de vapeur.

On a vu, d'ailleurs, des tôles ainsi affaiblies résister pendant longtemps à la pression normale de marche et je suis porté à croire, avec M. l'ingénieur en chef, que l'explosion de la chaudière a eu pour cause déterminante le choc produit lors de l'ouverture du modérateur par une ébullition tumultueuse du liquide, sur lequel flottait une couche plus ou moins épaisse de matières grasses.

M. Farcot a constaté de même que c'est principalement vers la ligne d'eau que les graisses exercent leur action, que ces parties ne sont plus mouillées par le liquide et que, dans certains cas, la nappe d'eau affectait la forme d'un ménisque convexe.

Dans une notice publiée dans les *Annales*, M. Hochereau n'admet pas que l'on puisse expliquer ainsi tous les phénomènes observés dans les explosions de maints générateurs, tandis que « l'hypothèse de l'action fulgurante d'un mélange enflammé de gaz les explique tous ».

Pour lui, un grand nombre d'explosions foudroyantes devraient être attribuées à l'inflammation du mélange détonant causé par un dégagement d'hydrogène lors de la décomposition des corps gras.

L'examen de toutes ces considérations m'entraînerait trop loin ; mais cet exposé suffit pour démontrer que si le rôle des matières grasses est diversement interprété, on est généralement d'accord pour admettre que leur présence est très préjudiciable à la conservation des chaudières et que plusieurs explosions n'ont pas d'autre cause que l'existence de principes graisseux dans les eaux d'alimentation.

Un autre inconvénient reproché à certaines de ces substances, c'est de faire *monter* l'eau comme du lait soumis à l'ébullition et il arrive parfois qu'à la pression de 6 à 7 atmosphères, le liquide entraîné par la vapeur à l'état vésiculaire s'échappe abondamment par les soupapes et les tuyaux de décharge.

On pourrait à ce sujet consulter utilement la notice de M. Stoclet, publiée dans la *Revue universelle des Mines*, 10e année, page 432.

Enfin, et ce point a également son importance, les graisses s'opposent à l'utilisation des condenseurs à surface pour l'approvisionnement d'eau distillée servant à la boisson sur les navires. Ces condenseurs perdent ainsi un de leurs principaux avantages sur mer et les vaisseaux qui ne peuvent faire escale en route doivent emmagasiner de grandes quantités d'eau potable, ou se charger d'appareils distillatoires encombrants et coûteux.

Il est donc du plus haut intérêt de connaître les procédés d'élimination de ces matières éminemment nuisibles. Plus loin, je traite des moyens de désincrustation en général ; mais comme les graisses et les corps dont l'examen suit n'entrent pas dans la composition ordi-

naire des eaux d'alimentation, j'indique à la fin de l'étude de chacun de ceux-ci les divers procédés conseillés spécialement pour en détruire les effets.

Un moyen proposé, mais trop radical, d'éviter les inconvénients dus à l'introduction des matières grasses dans l'eau des chaudières consisterait à supprimer la lubrification des organes de la machine en contact avec la vapeur. M. Marquardt ne va pas jusque-là et conseille la substitution aux graisses animales et végétales d'huiles minérales lourdes et plus spécialement des produits connus sous la désignation de valvoline. Ces huiles, selon lui, possèdent une grande action lubrifiante qu'elles conservent à toutes les températures, ne s'oxydent point, propriété qui les empêche de se dessécher ou de se résinifier, conservent leur fluidité sous 15 degrés de froid, sont beaucoup moins volatiles et maintiennent les surfaces frottantes à nu par la dissolution des corps gras résinifiés. M. Bour préconise également l'emploi des huiles minérales qui, tout en évitant les accidents de chaudières causés par les matières grasses, ont le mérite de ne pas oxyder les surfaces métalliques et de prévenir la formation du savon calcaire solide, souvent dur, que l'on a vu se produire dans les cylindres moteurs en présence des graisses végétales ou animales.

Mais encore ces moyens resteraient inefficaces au cas où l'eau d'alimentation serait elle-même chargée de matières grasses.

Lorsque les graisses se trouvent uniquement en suspension dans l'eau, l'adaptation d'un simple purgeur à la chaudière a suffi souvent pour faire cesser la brûlure des tôles, de même que la décantation prolongée ou mieux la filtration du liquide avant l'alimentation pourrait éviter bien des accidents.

Il existe, au surplus, des procédés chimiques assez

simples pour neutraliser l'action des acides gras avant l'introduction de l'eau dans le générateur.

En Angleterre, on a recours avec succès au carbonate de soude ou à la soude caustique pour produire la saponification des corps gras.

L'eau de chaux donnerait naissance à un savon calcaire, dont la séparation sur un filtre formé d'éponges ou de toute autre substance poreuse détruirait l'action corrosive des graisses.

M. John Stingl précipite les matières grasses contenues dans les eaux très riches en magnésie et soumises dans la chaudière à de hautes pressions, par l'addition d'un mélange de chaux et de soude caustique convenablement étendu d'eau.

En résumé, les moyens connus d'éliminer ces corps étrangers sont efficaces dans la plupart des cas et les propriétaires de chaudières dont les explosions sont dues à l'existence de substances grasses, seraient difficilement excusables s'ils n'ont rien essayé pour s'en débarrasser.

Des matières organiques. — En fortes proportions, les matières organiques ont avec certaines substances grasses le défaut commun de faire *mousser* l'eau et de provoquer parfois des enlèvements qui nécessitent l'arrêt des appareils à vapeur. Cet inconvénient présenterait toutefois le bon côté d'avertir le chauffeur en rendant à peu près impossible la continuation du travail, si là se bornait le rôle des matières végétales ou animales.

Mais quelques-uns croient pouvoir attribuer aux matières organiques, comme aux corps gras, la propriété de donner naissance, par leur décomposition dans la chaudière, à des gaz inflammables capables de provoquer des explosions foudroyantes.

Il convient donc de chercher à faire disparaître une cause de danger ou tout au moins une source d'ennuis.

Ces sortes d'accidents étant à craindre surtout avec l'eau de certaines rivières, M. Hochereau conseille de préférence l'emploi des eaux souterraines pour l'alimentation des chaudières et recommande, à leur défaut, d'éviter l'établissement de la prise d'eau trop près des rives souvent chargées de principes organiques en décomposition, comme de rejeter tout désincrustant qui aurait pour résultat d'introduire dans les générateurs des substances végétales ou animales.

Il conviendrait aussi, dans le cas par exemple de l'utilisation des eaux qui ont passé sur les refroidissoirs de sucreries, de renouveler fréquemment l'eau de la chaudière, comme le propose M. Champion, tout en imprégnant à chaud les fagots d'huiles lourdes ou de goudron de gaz, afin de s'opposer à la fermentation des principes azotés et de combattre la tendance de ces eaux à faire primer les machines.

Enfin, dans les procédés de filtration décrits plus loin, je signale l'emploi de l'éponge de fer comme constituant un moyen efficace d'enlever la majeure partie des principes organiques contenus dans les eaux d'alimentation.

Des chlorures et en particulier du chlorure magnésique.— La présence dans l'eau des chlorures calcique et sodique et surtout du chlorure de magnésium qui se décompose à une assez basse température, est l'une des causes les plus actives de la corrosion des tôles. Les nombreux faits recueillis avec beaucoup de soin et depuis plusieurs années par le directeur de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur en Belgique, témoignent de la nécessité d'appeler la sérieuse attention des industriels qui disposent de telles eaux pour l'alimentation de leurs générateurs.

Le rapport de l'exercice 1876 ne signale pas moins de 22 cas de corrosion générale rencontrés pendant

cette seule année sur 1,500 chaudières environ et qu'il faut attribuer à l'existence, dans les eaux, de chlorures de magnésie et de chaux.

L'explosion, qui a été décrite récemment par M. Marcette, ingénieur des mines, d'une chaudière alimentée par certaines eaux provenant du charbonnage de l'Escouffiaux à Wasmes, paraît due à la présence de chlorures alcalins que l'on rencontre parfois en si grande abondance dans les profondeurs du terrain houiller.

Décomposé par la chaleur, le chlorure magnésique rend la vapeur acide ou bien, comme le pense M. Vinçotte, communique à l'eau des propriétés corrosives. Le liquide, lancé contre la tôle soumise à une température relativement élevée, s'évapore continuellement et dépose sur le métal les produits de la décomposition du sel : la magnésie et l'acide hydrochlorique.

C'est à un phénomène analogue que je rapporte la formation des petites rigoles verticales trouvées dans la chambre de vapeur d'une chaudière de la mine de la Plante, dont il a été déjà plusieurs fois question.

Bien que des eaux fortement chlorurées aient corrodé des tôles dépourvues d'incrustations, la pratique fait connaître que l'action, qui pourrait s'expliquer par un contact plus prolongé de l'acide chlorhydrique avec le métal, s'exerce avec d'autant plus d'énergie que l'épaisseur du calcin est plus grande.

On remarque, d'autre part, que la corrosion est notablement activée par l'existence simultanée d'autres corps ; ainsi l'on sait que l'attaque du fer devient très vive par les eaux contenant à la fois du chlorure sodique et du carbonate de soude.

L'effet des chlorures se manifeste souvent sous la forme de cavités disséminées sur la tôle, qui se remplissent d'oxyde de fer et peuvent finir par traverser

toute l'épaisseur du métal, s'il n'y est porté un prompt remède par le nettoyage soigné des trous et le badigeonnage au goudron des parois métalliques entièrement privées d'incrustations et encore ce moyen, malgré toutes les précautions prises, est-il resté inefficace en plus d'une circonstance.

Pour neutraliser l'action du chlorure de magnésie, on se sert du carbonate de soude, qu'il faut éviter soigneusement de mettre en excès ; ce sel, qui devient alors nuisible, provoquerait la formation de dépôts concrétionnés sur les parties les moins chauffées du générateur, tout en rendant l'eau mousseuse et sujette à entraînements.

SECONDE PARTIE

DES MOYENS DE PRÉVENIR LA FORMATION DES DÉPOTS DANS LES GÉNÉRATEURS

« Le moyen le plus sûr d'éviter les dépôts et les incrustations dans les chaudières est de faire usage d'eau pure pour l'alimentation. »

Ainsi s'exprime Claudel, dont le langage serait empreint d'une certaine naïveté s'il s'agissait de l'eau pure du chimiste; mais il est question de l'eau *industrielle* qui n'a qu'une pureté relative et cette phrase résume, en deux lignes, la marche à suivre dans l'emploi de l'eau destinée à la génération de la vapeur.

Il est incontestablement préférable de s'attacher à trouver une eau peu chargée, fût-ce même au prix de certains sacrifices, que de prendre la première eau venue et de lui appliquer les meilleurs procédés de désincrustation.

Toutefois, dans l'industrie et pour les appareils fixes surtout, le choix n'est pas souvent possible; la quantité d'eau pure est insuffisante et l'on en est réduit à faire usage d'eaux très préjudiciables à la conservation des chaudières comme à la marche régulière des machines à vapeur.

Cette seconde partie intéresse donc le plus grand nombre et constitue, d'ailleurs, l'objet essentiel de ce travail.

L'épuration de l'eau peut se pratiquer *avant* ou *après* son introduction dans la chaudière : de là deux sortes de procédés, qui se subdivisent à leur tour en plusieurs catégories d'après la nature et le degré de solubilité des matières qu'il s'agit d'éliminer. L'eau peut renfermer, isolément ou simultanément, des substances insolubles, difficilement solubles et très solubles que l'on sépare, selon les cas, par filtration, évacuation ou précipitation.

I. — *Avant l'alimentation.*

La séparation des corps étrangers avant l'alimentation peut s'effectuer, soit par la filtration ou une simple décantation, soit par les moyens chimiques, soit par l'action de la chaleur.

CHAPITRE Ier

FILTRATION

Ce procédé employé seul est nécessairement incomplet et ne peut servir à combattre l'incrustation proprement dite des tôles; mais il diminue la quantité des dépôts vaseux, permet d'utiliser en tout temps les eaux courantes relativement pures quant aux sels dissous, mais plus ou moins chargées de particules et rend de grands services par l'élimination des matières organiques et corps gras dont nous connaissons les inconvénients et même les dangers.

La filtration est naturelle ou artificielle.

La filtration naturelle n'est utilisée que pour autant qu'il soit possible de mettre à profit certaines circonstances locales, comme le voisinage d'une rivière, la proximité d'une montagne, etc. Si l'usine se trouve

à peu de distance d'un cours d'eau, un puisard ou un bassin collecteur sera creusé sur la rive pour recevoir l'eau courante qui filtre au travers d'une couche généralement formée de sable et de gravier et l'on arrivera ainsi, moyennant quelques précautions, à se procurer un liquide très convenable pour l'alimentation des générateurs.

Les résultats obtenus dépendront du degré de porosité des terrains qui constituent le lit et la rive ainsi que de la rapidité du courant, c'est-à-dire des conditions particulières permettant d'éviter l'engorgement des masses filtrantes. Toutefois, comme la pratique démontre que les limons et autres impuretés entraînés mécaniquement ne pénètrent jamais qu'à une faible profondeur dans les pores du filtre, un simple dragage, répété de temps en temps, du bord de la rivière en face du bassin, suffira pour obvier aux inconvénients d'une filtration paresseuse.

D'autres fois, comme j'en connais plusieurs exemples, le voisinage d'une colline permet la captation, à très peu de frais, d'eaux de source et même de pluie, à l'aide soit d'un drainage ordinaire, soit de galeries construites à peu de profondeur sous le sol. L'eau arrive dans un réservoir spécial où s'emmagasine dans la galerie même, fermée à son orifice par un serrement, pour y subir une décantation plus ou moins prolongée et de là se rendre au bassin d'alimentation par une conduite munie d'une valve ou d'un robinet.

Si je parle de ces moyens tout primitifs, c'est qu'il m'a été donné de constater que les choses les plus simples sont souvent négligées et que, pour un cas à ma connaissance, il a fallu qu'une chaudière, alimentée d'eaux très corrosives, finît par faire explosion pour que le propriétaire songeât à recueillir ainsi de l'eau pure qui se trouvait à sa portée et dont l'usage a fait cesser tous les ennuis précédemment rencontrés.

La propriété de la plupart des éléments solides de condenser les principes gazeux peut provoquer certaines décompositions et l'on sait qu'en vertu de l'attraction moléculaire plusieurs filtres naturels exercent un double effet, mécanique sur les particules insolubles, et chimique sur les matières en dissolution.

Je rappellerai également que, dans de nombreux pays, le système de la filtration naturelle est utilisé pour l'alimentation des locomotives qui traversent des contrées dont les eaux souterraines sont tout à fait impropres à cette destination.

A défaut des conditions requises par la filtration naturelle, on peut avoir recours à des filtres composés artificiellement de matières plus ou moins poreuses. On se sert le plus souvent dans l'industrie, pour la clarification de fortes quantités d'eau, d'une masse filtrante formée d'une série de couches superposées de sables et de graviers de diverses grosseurs.

Pour l'épuration des eaux de la Tamise, les filtres de l'usine de Battersea ont été composés d'une première couche de gravier grossier de $0^m,55$ d'épaisseur, d'une deuxième de gravier plus fin de $0^m,15$ de hauteur, d'une troisième de gros sable de $0^m,25$ de puissance, et enfin, d'un lit superficiel de sable fin de rivière de 1 mètre d'épaisseur. Des filtres de ce genre, auxquels on ajoute parfois un peu de charbon de bois, peuvent donner, suivant l'état d'entretien, de 5 à 10 mètres cubes d'eau clarifiée par mètre carré et par jour.

Pour le débit approximatif d'un filtre industriel formé exclusivement de sables et supposé embourbé, M. Paul Havrez a traduit par la formule suivante le résultat de ses longues et patientes recherches expérimentales :

$$D = \frac{2^{m3} \times H^{m}}{E^{m}}.$$

C'est-à-dire que le débit, par mètre carré et par 24 heures, est égal au produit de 2 mètres cubes par le nombre de mètres de pression d'eau, divisé par le nombre de mètres d'épaisseur du filtre capillaire.

Cette formule, très simple et vérifiée pour un très grand nombre de cas, permet ainsi de déterminer l'un des éléments par la connaissance des deux autres et de calculer par suite la surface filtrante nécessaire à un débit donné.

On fait également usage, comme matières filtrantes, de charbon, coke, éponge ordinaire, bourre, tontisse, laine, feutre, etc. M. Cameron préconise l'emploi de la tourbe, dont l'humus retient et fixe le carbonate de chaux, propriété qui pourrait toutefois augmenter la proportion de sulfate de chaux.

Citons également l'application de l'éponge de fer proposée depuis longtemps déjà par M. G. Bischof et mise récemment en pratique, sur une vaste échelle, par MM. Easton et Anderson pour la distribution d'eau de la ville d'Anvers. L'action de l'éponge de fer sur les matières organiques a été démontrée par des expériences très intéressantes.

Il y aurait oxydation de ces substances avec dégagement intermittent d'acide carbonique, réduction en grande partie de l'ammoniaque albuminoïde et du nitrogène organique, mais en même temps dissolution d'une petite quantité de protoxyde de fer qui se précipite, il est vrai, après oxydation au contact de l'air; c'est pourquoi il est nécessaire de compléter l'opération par l'interposition d'une couche de sable ou de gravier.

D'après une note insérée dans l'*Engineering*, les deux filtres d'essai, appliqués à la purification des eaux de la Nèthe, étaient constitués, l'un par une couche de $0^m,90$ d'épaisseur renfermant une partie d'éponge pour trois de gravier et surmontée d'un lit

de $0^{m},45$ de sable de Harwich, l'autre par une couche de gravier de $0^{m},30$ de puissance, recouverte d'un lit de $0^{m},60$ de sable.

Le second filtre, destiné à séparer le peroxyde de fer formé au contact de l'air après le passage du liquide dans le premier, débitait par mètre carré et par jour plus de 7 mètres cubes d'eau parfaitement clarifiée.

Des expériences faites en grand par une Compagnie de Londres ont prouvé que 90 p. °/₀ des matières organiques sont enlevées et que le degré hydrotimétrique de l'eau peut être abaissé de 55 p. °/₀.

Ce procédé est donc entré aujourd'hui dans la pratique et présente sur les moyens ordinaires, plusieurs avantages importants : Il n'exige point, paraît-il, le renouvellement de l'éponge de fer et le grand pouvoir filtrant de celle-ci permet de diminuer notablement l'épaisseur de la couche aussi bien que la superficie des filtres. Il offre par là le mérite, sinon de faire disparaître entièrement, du moins d'atténuer, dans une large mesure, le principal obstacle à l'emploi de la filtration artificielle.

Il faut bien reconnaître, en effet, que la filtration présente certaines difficultés dans son application aux usages industriels. Le grand espace occupé par l'installation, l'engorgement plus ou moins rapide de la couche superficielle qui doit subir de fréquents nettoyages, la nécessité de disposer de filtres capables de fournir un débit double de la consommation normale et de grands bassins pour emmagasiner l'eau épurée, en un mot, les frais d'établissement et de main-d'œuvre s'opposent à la généralisation d'un système qui, j'en conviens, clarifie et même accessoirement épure quelque peu les eaux d'alimentation, mais n'est par lui-même d'aucune ressource pour l'élimination du sel essentiellement incrustant.

Il importe de donner aux filtres une disposition qui permette de renverser le courant d'eau pour en effectuer le curage sous pression ; l'eau, arrivant par le bas, s'élève au travers de la masse filtrante et met en suspension, avec le secours d'un léger dragage de la couche supérieure, toutes les impuretés qui sont ensuite entraînées par le courant.

En résumé, le procédé de la filtration artificielle sera mis à profit, d'une façon générale, pour la clarification d'eaux tenant en suspension des particules trop ténues pour être assez rapidement séparées par la décantation et, dans certains cas spéciaux, pour l'élimination des substances organiques, des matières grasses, etc.

La filtration joue, en outre, un rôle important dans la séparation des précipités dus à l'usage de réactifs dans l'eau avant l'alimentation des chaudières, et comme elle intervient dans de nombreux systèmes d'épuration chimique, je vais décrire brièvement quelques dispositions particulières entrées dans la pratique industrielle, pour n'avoir plus à revenir sur cet objet dans le chapitre qui traite de l'application des agents chimiques à la désincrustation des générateurs.

Epurateur de MM. Bérenger et Stingl. — Le procédé consiste dans la précipitation de certains sels à l'aide de réactifs (hydrate de chaux seul ou en mélange avec la soude caustique) et dans la filtration ou seulement dans la décantation, répétée plusieurs fois, de l'eau destinée à l'alimentation des chaudières.

Le système primitif comprenait un mélangeur dans lequel l'eau et le réactif étaient mis en présence et des filtres cylindriques en tôle ou en fonte, avec grilles supportant une couche composée tantôt exclusivement de copeaux de bois, tantôt de copeaux et de menu coke, de cailloux fins ou même de débris de scories. Mais le

mélange n'était suffisamment intime que dans des cuves à réactif de très grandes dimensions et l'engorgement rapide de la masse filtrante exigeait de fréquents nettoyages. Les inventeurs remplacèrent alors les filtres par une série d'épurateurs-décanteurs, sortes de cuves cylindriques étagées, de capacités croissantes, terminées à la partie inférieure par un cône muni d'un robinet de vidange et dans lesquelles se produit une circulation continue de l'eau, du réactif et des matières précipitées.

Au centre de chaque épurateur, surmonté d'une gouttière circulaire, descend verticalement un tuyau qui débouche dans un entonnoir par le bas et communique par le haut avec la gouttière du décanteur suivant. Le plus petit et le plus élevé de ces appareils reçoit le réactif, dont le mélange avec l'eau s'opère dans un petit vase conique adapté sur son tube central et ce, dans une proportion qui dépend de la dureté et de la quantité d'eau à épurer. Une partie du précipité tombe au fond du récipient, tandis que le liquide déborde dans la gouttière pour passer, par le tuyau du centre, dans l'épurateur voisin, où il abandonne un nouveau dépôt et arrive ainsi, par des décantations successives, plus ou moins dépouillé, dans le bassin d'alimentation.

Ces appareils, ordinairement au nombre de trois et placés en gradins, tiendraient moins de place s'ils étaient installés concentriquement.

Outre ces dispositions qui fonctionnent à l'air libre, MM. Bérenger et Stingl ont fait construire des appareils, hermétiquement clos, pour agir sous pression.

La substitution des décanteurs aux filtres présente, de son côté, l'inconvénient de ne produire une épuration complète qu'au prix de l'installation d'un grand nombre d'épurateurs, coûteux d'établissement et fort encombrants.

Aussi convient-il, en général, de donner la préférence au procédé mixte suivant, également employé par les inventeurs. Le mélangeur, établi sur un point élevé, amène l'eau et le réactif à la partie inférieure du décanteur le plus petit et le plus bas, pour élever le liquide, par l'effet d'une différence de niveau, successivement dans deux ou trois autres épurateurs, dont le plus grand, situé au niveau supérieur, se trouve pourvu d'un filtre, qui achève de retenir les dernières particules entraînées.

Il résulte de renseignements dus à M. Bour qu'un appareil du dernier système décrit, pouvant ramener de 22 à 6 le degré hydrotimétrique de 6 mètres cubes d'eau par heure, coûte environ 10,000 francs d'installation, que réactif et main-d'œuvre reviennent à fr. 0-0463 par mètre cube d'eau épurée et que, partant, le prix de revient total s'élève, pour le même volume, à fr. 0-091 ou à fr. 0-0686, selon que le travail journalier est de douze ou de vingt-quatre heures.

En résumé, dans le procédé Bérenger et Stingl le travail est méthodique, la circulation continue du liquide permet de n'épurer pour ainsi dire qu'au fur et à mesure des besoins de la consommation et le degré de purification des eaux atteint plus de 70 p. °/₀ ; mais les frais d'établissement et de main-d'œuvre sont assez élevés et les appareils passablement volumineux.

Filtre épurateur de Le Tellier. — Cet appareil a été décrit dans plusieurs publications comme le précédent, avec lequel il a, du reste, beaucoup d'analogie. Il a, en effet, pour but la précipitation des sels de chaux par les mêmes réactifs et la filtration des dépôts provoqués avant l'introduction de l'eau dans la chaudière.

Employé à l'air libre, pour machines de moins de vingt chevaux ou sous pression pour des forces supérieures, il comprend comme l'autre un mélangeur-épu-

rateur, d'une disposition spéciale, dans lequel ont lieu les réactions chimiques, et un filtre composé d'une douzaine de tubes verticaux perforés sur les parois, entourés de rondelles de feutre et réunis dans une capacité cylindrique en communication avec l'air extérieur ou hermétiquement close suivant le système adopté. A sa sortie du mélangeur, le liquide filtre à travers le feutre et arrive dans une cuve inférieure, convenablement épuré et propre à l'alimentation.

Pour le nettoyage ordinaire des filtres, il suffit, à l'aide de la vapeur, d'imprimer à un courant d'eau chaude une marche inverse à celle suivie par le liquide à épurer ; le curage complet nécessite l'enlèvement des tubes, qui s'effectue, du reste, sans aucune difficulté.

M. Paul Davreux a fait connaître quelques résultats d'expériences fournis par l'appareil Le Tellier pendant les années 1874 et 1875. Le degré hydrotimétrique de l'eau a été abaissé de 72 et 80 p. °/₀ dans deux établissements situés, l'un en Belgique et l'autre en France. A la Compagnie des Bronzes, à Bruxelles, on a obtenu une économie de combustible de 12 p. °/₀ et une diminution du poids des incrustations variant de 58 à 73 p. °/₀.

L'application du système à certaines eaux de carrières a permis de décupler la durée de marche continue des chaudières.

De son côté, M. Vinçotte constate en 1877 qu'en général ce procédé continue à donner des résultats avantageux dans les usines belges, mais que le nombre des établissements qui l'ont adopté ne s'est pas accru.

Un de ces appareils, installé en 1876 par la Société des Verreries d'Herbatte, à Namur, fonctionne encore aujourd'hui ; mais il a dû subir depuis d'importantes modifications. La solution de chlorure barytique employée pour la précipitation du sulfate de chaux

offrait l'inconvénient de rendre l'eau corrosive; d'autre part, l'utilisation de la décharge de vapeur, qui élève l'eau d'alimentation à la température de plus de 80 degrés et précipite une assez forte proportion de carbonate calcique, a permis de renoncer à l'usage du lait de chaux et même de supprimer le mélangeur-épurateur. De telle sorte qu'il ne reste plus de tout le système que les appareils de filtration d'ailleurs eux-mêmes transformés.

Le feutre, coûteux et de peu de durée, a été remplacé par des crasses de verrerie, débitées en morceaux de $0^m,0005$ à $0^m,002$ de diamètre et tassées entre deux tubes concentriques, dont l'un est en fonte, de $0^m,05$ de diamètre et percé dans ses parois de trous de $0^m,005$ et l'autre, en zinc, de $0^m,15$ de diamètre et portant des trous de $0^m,001$.

Le fonctionnement et le nettoyage de ce filtre s'effectuent comme dans le système primitif et si l'appareil ainsi modifié n'est peut-être plus tout à fait aussi efficace sous le rapport de l'épuration, il est beaucoup moins coûteux, ne réclame plus autant de soins et fait disparaître le grave inconvénient de la corrosion des tôles.

Avant l'application du procédé, les chaudières devaient être nettoyées *tous les mois* et contenaient alors 85 kilogrammes de dépôts, composés en majeure partie de carbonate de chaux et d'un peu de sulfates de chaux et de magnésie ; l'adhérence des incrustations nécessitait l'attaque au marteau, travail long et difficile qui causait un amincissement rapide des parois métalliques.

Avec l'appareil Le Tellier transformé, le nettoyage a lieu *tous les deux mois* seulement et le dépôt, qui se détache facilement, ne pèse plus que 45 kilogrammes, soit ainsi $22^k,5$ pour chaque mois; c'est donc une

diminution de près de 74 p. % dans le poids des incrustations et M. Basiaux, directeur de l'établissement, a constaté, par divers essais, une économie de combustible de 6 p. % au minimum. En définitive, l'épurateur hydrotimétrique à filtre multitubulaire Le Tellier est devenu un simple réchauffeur avec filtre, autre mode d'épuration qui fait l'objet d'un des chapitres suivants.

Je crois inutile de parler d'autres systèmes analogues de filtration, dont la vogue au début ne s'est point maintenue, et je passe aux moyens d'épuration basés sur la précipitation des sels terreux par les agents chimiques.

CHAPITRE II

ÉPURATION CHIMIQUE

Ce procédé d'épuration consiste essentiellement dans la précipitation et la séparation des sels déposés, avant l'introduction de l'eau dans le générateur.

Les considérations qui précèdent me dispensent de parler de la seconde partie de l'opération et il me reste à passer en revue les principaux agents chimiques que la pratique fait intervenir pour l'élimination des sels incrustants.

Chaux. — L'emploi de la chaux pour la précipitation des sels de chaux et de magnésie contenus dans l'eau à l'état de bicarbonate se présente tout naturellement à l'esprit, la saturation de l'acide carbonique en excès donnant lieu au dépôt du carbonate neutre.

Ce moyen, connu et pratiqué depuis très longtemps, donne de bons résultats moyennant certaines précautions qu'indique l'expérience et l'on peut dire que l'in-

succès, s'il est parfois constaté, résulte d'une mauvaise application du système.

Comme pour tout procédé chimique, il faut connaître la composition de l'eau à épurer, mais la détermination du degré hydrotimétrique suffira dans la plupart des cas, puisque tout revient à produire la précipitation des carbonates neutres.

La difficulté consiste dans l'évaluation exacte de la quantité d'eau de chaux à employer. Si, par exemple, la proportion de carbonate calcique n'est que de $\frac{1}{5000}$ du poids de l'eau, une agitation prolongée du réactif dans le liquide et suivie d'un repos de plusieurs heures n'arriverait à donner aucun dépôt; une quantité insuffisante de chaux rendrait la séparation difficile et incomplète, tandis qu'un excès de réactif ferait reprendre à l'eau sa crudité, tout en augmentant la dureté de l'incrustation.

La pratique a fait voir qu'il faut ajouter à l'eau 87 à 88 p. % de la quantité de chaux calculée pour la précipitation complète du bicarbonate.

Le détail des manipulations et installations nécessaires serait beaucoup trop long, mais je mentionnerai, comme donnant des résultats toujours à peu près certains, le procédé qui consiste à n'introduire la chaux que dans une partie, 75 p. % par exemple, du volume d'eau à épurer, pour qu'il y ait momentanément excès de réactif; puis, après précipitation du carbonate de chaux, à faire arriver le restant de l'eau dans le décanteur, où la séparation devient à peu près complète au bout de 8 à 10 heures.

Dans le cas précité où le lait de chaux n'arrive point à produire la séparation du carbonate calcique, MM. Champion et Pellet, se basant sur ce fait d'expérience qu'un précipité de carbonate de chaux produit par un sel de chaux soluble ou tout simplement des

matières pulvérulentes telles que du sable, de la silice ou du calcaire en poudre, favorisent la séparation du carbonate *non précipitable*, conseillent d'introduire à cette fin quelques millièmes de pierre à chaux pulvérisée ou mieux de carbonate de soude à l'eau déjà saturée par la proportion de chaux correspondant à l'excès d'acide carbonique. Il faudra donc s'assurer, par des essais de l'eau épurée, si la proportion de chaux employée est suffisante, auquel cas l'addition de quelques gouttes d'oxalate ammonique ne donnera aucun précipité ; de même on vérifiera, au moyen du papier rouge de tournesol, s'il y a eu excès ou non d'eau de chaux dans la liqueur préalablement filtrée.

Le procédé au lait de chaux permet d'abaisser jusqu'à cinq unités le degré hydrotimétrique de l'eau ; il ne réussit bien, sans la précaution indiquée ci-dessus, que pour autant que la quantité de bicarbonate corresponde à une proportion égale ou supérieure à $0^{gr},3$ de carbonate calcique par litre d'eau et, s'il parvient à éliminer le carbonate, il n'a aucune action sur le sulfate de chaux. Nous avons vu, d'autre part, qu'il peut rendre d'importants services par la séparation des matières grasses introduites accidentellement dans les eaux d'alimentation.

Il a reçu, du reste, de nombreuses applications, notamment sur les lignes de chemins de fer où l'on n'a pas toujours le choix des eaux, et je citerai seulement comme mémoire les installations faites par M. Knab sur la ligne de Paris à Orléans, celles de MM. Wedel-Bernard et Ce pour les eaux de Paris, celles d'Aigrefeuille et de Neuville-aux-Bois de la Compagnie d'Orléans, celles de Douai et de Fives-Lille de la Compagnie du Nord. A Aigrefeuille, on consomme 35 à 38 kilogrammes de chaux grasse, pour ramener 100 mètres cubes d'eau de 25 à 6 ou 7 degrés hydro-

timétriques et l'épuration d'un mètre cube d'eau revient à fr. 0-04, non compris les frais de premier établissement. A Fives-Lille cette dépense est un peu supérieure à fr. 0-06.

La pratique ayant montré que le liquide traité à la chaux et soumis à une simple décantation, fait *primer* les machines, on donnera la préférence à la filtration, malgré les inconvénients signalés.

La proportion exacte de réactif à employer sera ou déterminée par tâtonnements sur des prises d'essai, ou calculée d'après la quantité de carbonate de chaux connue par l'analyse hydrotimétrique. En général, pour des eaux moyennement chargées de chaux carbonatée, il faut compter sur une consommation de 200 à 300 grammes de chaux par mètre cube d'eau à épurer.

Sels de baryum. — La baryte et le chlorure de baryum, tantôt seuls, tantôt en mélange avec la chaux, ont été également essayés pour purifier l'eau avant l'alimentation des chaudières.

En présence de la baryte, les sulfates se précipitent à l'état de sulfate de baryte, tandis que les bases : chaux, magnésie, etc., se séparent sous forme de carbonates neutres, par la décomposition des bicarbonates ou par leur combinaison avec l'acide carbonique libre.

La baryte caustique a été appliquée dans le temps à l'épuration des eaux par M. Lelong-Burnet qui parvint à faire réaliser, dans les ateliers de MM. Cail et Cie entre autres, une économie de 14 à 15 p. °/₀ de combustible, dont il faudrait toutefois déduire une perte moyenne de 65 p. °/₀ de la chaleur utilisée auparavant par l'emploi des eaux de condensation ; aussi, malgré les nombreuses tentatives faites par l'inventeur pour mettre en même temps cette chaleur à profit, le procédé ne put-il tenir longtemps.

De la chaux vive fut ajoutée à la baryte dans les proportions respectives de 70 et 105 grammes par mètre cube d'eau à traiter, mais ici encore sans grand succès, à cause du prix de la baryte et M. Lelong-Burnet finit par ne plus faire usage que de chaux vive à la dose de 155 grammes environ par mètre cube de liquide, perdant ainsi l'avantage de la séparation du sulfate calcique.

Le chlorure de baryum, en présence du sulfate de chaux, donne du sulfate de baryum qui se précipite et du chlorure calcique qui reste en dissolution ; mais ce sel est un toxique énergique et son emploi présente d'ailleurs du danger à plus d'un point de vue.

M. Duclos de Boussois a conseillé l'introduction, par mètre cube d'eau contenue dans le bassin d'épuration, de quinze litres d'une solution composée en poids de 75 p. °/₀ d'eau, de 21 p. °/₀ de chlorure de baryum cristallisé et de 4 p. °/₀ d'acide chlorhydrique, avec addition, pour neutraliser l'excès d'acide muriatique, de fragments de pierre calcaire placés près de la prise d'eau de la pompe alimentaire.

M. de Haen a préconisé un procédé analogue en Allemagne.

On sait que certaines corrosions des tôles ont été attribuées à la présence de chlorures dans l'eau ; or, MM. Bour et Vinçotte citent plusieurs accidents du même genre qui se sont produits au dessus du foyer et même à la hauteur du niveau de l'eau, et dont ils croient pouvoir faire remonter la cause à l'épuration par le chlorure de baryum.

L'existence de la magnésie dans l'eau pouvant provoquer la formation du chlorure magnésique, dont la décomposition très facile, comme on l'a vu, donne lieu à un dégagement d'acide hydrochlorique qui attaque le fer, même sous une couche d'incrustation, il con-

vient de n'employer le chlorure de baryum qu'avec une extrême réserve et ce, après une connaissance parfaite de la composition de l'eau.

Le carbonate de baryte décomposerait également la chaux sulfatée en sulfate de baryte et en carbonate calcique, mais ne produirait aucun effet sur les carbonates renfermés dans l'eau d'alimentation et s'il présente l'avantage de ne laisser dans le liquide aucun sel de chaux soluble, il exerce une action trop lente pour être utilisé dans un procédé industriel.

Alun. — On a conseillé la clarification des eaux par l'alun et d'Arcet indique les poids de 250 à 500 grammes par mètre cube suivant la composition du liquide.

Toutefois, l'introduction de ce nouveau sel, quelle que soit l'explication donnée des réactions qui se produisent, peut devenir une véritable cause de danger, en facilitant l'action corrosive de l'acide sulfurique sur les parois mêmes de la chaudière et l'on n'a pas oublié qu'il existe, en France notamment, des prescriptions administratives très sévères, qui interdisent, pour la génération de la vapeur, l'emploi direct des eaux chargées de sulfates métalliques et particulièrement de sulfate d'alumine.

Acide oxalique. — L'acide oxalique et les oxalates alcalins sont les meilleurs réactifs des sels de chaux, qu'ils précipitent à l'état d'oxalate; mais, outre qu'ils doivent être accompagnés d'un autre sel pour s'emparer de l'acide sulfurique devenu libre dans les eaux séléniteuses, ce sont des poisons dont la manipulation expose à certain danger, sans parler de leur prix élevé qui les fait écarter des applications industrielles.

Sels de soude et de potasse. — Le carbonate de soude et la soude caustique sont rangés au nombre des agents les plus actifs pour prévenir l'incrustation des tôles,

mais plus généralement employés après l'alimentation de la chaudière. Ces procédés seront décrits plus loin.

Depuis longtemps, M. Van den Corput a signalé, pour adoucir les eaux trop crues, le silicate de potasse ou de soude (verre soluble de Fuchs). La chaux se précipite à l'état de silicate, tandis que le sulfate ou le carbonate alcalin formé reste en dissolution.

Quelques années plus tard, MM. Buff et Versmann proposèrent d'introduire simultanément, par mètre cube et par dégré hydrotimétrique de l'eau à traiter, 30 grammes de carbonate de soude anhydre et autant de silicate pour chaque gramme de magnésie que l'eau renferme.

Ces procédés ne sont pas sans inconvénients si les produits sont impurs et il importe de se prémunir contre les dangers de falsification du silicate de soude, par exemple, dans lequel on a trouvé jusqu'à 2 p. % de savon alcalin.

Sels de magnésie. — La solubilité plus ou moins grande des sels utilisés pour la purification des eaux de chaudière exige un dosage soigné des quantités de réactifs à ajouter pour ainsi dire au fur et à mesure des réactions.

Il n'en est plus de même de la magnésie calcinée, qui est à peu près insoluble et dont la proportion jugée nécessaire peut être indroduite en une fois.

Ce procédé, appliqué dès 1878 par M. E. Bohling, a le mérite, d'après l'inventeur, du bon marché, d'une efficacité certaine et d'une grande simplicité dans les manipulations. J'ajouterai cependant que son action, incomplète pour la séparation du carbonate de chaux en présence de certains corps et particulièrement des alcalis, est subordonnée à la transformation de la magnésie en hydrate de magnésie, opération qui exige un temps assez long. Il se forme du carbonate

neutre de magnésie qui réagit sur le sulfate calcique, du carbonate de chaux qui se précipite et du sulfate magnésique qui reste en dissolution dans l'eau.

Pour des eaux séléniteuses, il faut fabriquer un carbonate de magnésie spécial par la saturation, au moyen d'un courant d'acide carbonique, de la magnésie préalablement calcinée ; un tel moyen d'agir sur le sulfate de chaux devient passablement long et coûteux.

On peut donc charger en une seule fois le réservoir d'épuration de toute la quantité de magnésie nécessaire pour purifier l'eau consommée en un mois ; la seule précaution à prendre consiste dans l'agitation du mélange pendant quelques minutes à chaque renouvellement de l'eau du bassin.

A la suite d'essais tentés en Russie sur des eaux destinées à l'alimentation des locomotives, on a imaginé, rapporte M. de Derschau, de faire filtrer l'eau à travers un mélange de magnésie hydratée et d'une matière inerte telle que de la sciure de bois. MM. Bohling et Heyne emploient également l'hydrate de magnésie à chaud, c'est-à-dire à une température de 75 à 80 degrés, pour la précipitation des sels calcaires; il se produirait dans ce cas, selon M. Stohmann, trois réactions : Le bi-carbonate calcique est décomposé avec production de bi-carbonate de magnésie et de carbonate neutre de chaux; le bi-carbonate magnésique formé passe ensuite à l'état de carbonate de magnésie insoluble et ce dernier agit à son tour sur le sulfate de chaux.

Quant au moyen recommandé pour les eaux gypseuses, il doit attendre, pour être réellement industriel, que l'on ait trouvé la possibilité de produire, à bon marché, le carbonate magnésique particulier indispensable à la réaction.

CHAPITRE III

ÉPURATION PAR LA CHALEUR

Je comprends sous ce titre toutes les dispositions ayant pour but de produire par le chauffage une épuration plus ou moins complète de l'eau, avant son introduction dans le générateur.

Tous les appareils que je vais passer en revue reposent sur la propriété dont jouissent les sels de chaux à l'état de carbonate et de sulfate, de diminuer de solubilité avec l'accroissement de la température de l'eau.

a. *Surchauffage.* — Dans cet ordre d'idées, des essais ont été tentés en vue de séparer complètement ces deux sels, en soumettant l'eau, à l'aide de surchauffeurs, aux températures (de 140 à 150 degrés) auxquelles ces corps deviennent totalement insolubles. L'application d'un procédé qui consiste, en définitive, à augmenter le nombre de chaudières pour en prémunir quelques-unes contre les inconvénients de l'incrustation, ne peut se justifier que dans certaines circonstances très rares où la question d'économie devient accessoire

Il faut, en effet, de véritables générateurs pouvant résister à des pressions de quatre et cinq atmosphères, des appareils de filtration qui font perdre à l'eau une partie de la chaleur emmagasinée à grands frais, des dispositions coûteuses et encombrantes pour faciliter les nettoyages, en un mot toute une installation qu'il faut entretenir et surveiller à l'égal des chaudières elles-mêmes.

b. *Distillation.* — On a songé également à l'emploi exclusif d'eau distillée pour l'alimentation des chaudières.

La vapeur qui s'échappe du cylindre de la machine donnant, par sa condensation, un liquide d'une grande pureté, est recueillie dans un appareil spécial qui l'isole entièrement de l'eau condensante et le produit de la condensation est renvoyé dans la chaudière alimentée ainsi constamment par la même eau.

De là le condenseur sec, à surface ou fermé, appelé communément *condenseur de Hall*, dans lequel la vapeur et l'eau froide sont séparées par des surfaces métalliques plus ou moins développées.

Mais cette eau se charge elle-même de matières entraînées par la vapeur et pouvant devenir une cause sérieuse de danger. De plus, comme les parois métalliques finissent par se recouvrir d'une couche de corps gras du côté de la vapeur et d'incrustations du côté de l'eau, la conductibilité du métal pour la chaleur diminue de plus en plus et un moment arrive où le ralentissement de la condensation provoque dans le cylindre une contre-pression assez prolongée pour donner lieu, d'après M. Cousté, à une perte de près du tiers de la force motrice dans les machines à basse pression, les seules employées pendant longtemps par la navigation. Enfin, l'assemblage des tubes soumis à de fréquents et brusques changements de température résiste difficilement et des fuites qui se produisent bientôt nuisent sérieusemeut à l'efficacité du système.

Néanmoins, toutes ces difficultés n'ont pas découragé les constructeurs et, grâce à divers perfectionnements, dont la description serait trop longue, le condenseur à surface est appliqué aujourd'hui dans la marine.

Les recherches dans cette voie méritent d'autant

plus d'encouragements qu'elles donnent le moyen d'employer la vapeur à haute pression, chose impossible actuellement dans les chaudières ordinaires alimentées à l'eau de mer, avec le seul secours des meilleurs procédés connus de désincrustation.

c. *Procédé mixte.* — Pour conserver le condenseur ordinaire ou à injection, M. Cousté a même voulu se servir d'une seule et même eau préalablement épurée, tant pour la condensation de la vapeur que pour l'alimentation de la chaudière. Malheureusement ce procédé exige un réfrigérateur occupant encore plus de place que le condenseur à surface que l'on veut éviter.

Réfrigérateur et condenseur à injection constituent, en définitive, deux appareils au lieu d'un, alors qu'il faut, pour la marine, confiner les moteurs et les accessoires dans l'espace le plus restreint et diminuer le plus possible le poids mort déjà si considérable de ces installations. Le réfrigérateur serait exposé à s'incruster extérieurement et présenterait, sous ce rapport, à peu près les mêmes inconvénients que l'autre appareil de condensation ; de plus, ce système mixte n'aurait aucune action sur la présence pernicieuse des produits de la lubrification introduits par la vapeur et qui, par leur concentration dans un même volume d'eau, pourraient devenir au bout de peu de temps une cause véritable de danger.

Je ne m'arrêterai pas davantage à ce moyen détourné, qui ne fait, en somme, que déplacer la difficulté et n'est pas entré dans le domaine de la pratique, malgré toutes les dispositions imaginées pour faciliter le nettoyage des appareils.

Tous ces procédés, destinés à combattre l'incrustation, s'adressent plus spécialement aux chaudières marines ; mais le succès dans leur application rendrait aussi de grands services à l'industrie, par la généra-

lisation du système multitubulaire avec les plus mauvaises eaux.

C'est dans le même but que, par les dispositions que je vais décrire, la vapeur est prise directement dans la chaudière ou encore, ce qui est plus rationnel pour les machines sans condensation, est engendrée par des chaleurs perdues et utilisée pour élever l'eau à la température nécessaire à la précipitation des sels incrustants.

D'où plusieurs catégories d'appareils, dont la plupart ont été décrits, au fur et à mesure de leur invention, dans des publications périodiques, revues éparses parues depuis plusieurs années dans le pays ou à l'étranger et que je crois utile de grouper dans cette étude, en les classant d'après les principes de construction et leur mode d'emploi.

d. *Chauffage direct par la vapeur de la chaudière.* — A cette catégorie appartiennent les dispositions qui ont généralement pour but de mettre en contact intime et prolongé l'eau d'alimentation, amenée à un état de division le plus grand possible, avec de la vapeur prise directement au dôme de la chaudière.

Appareil Lugand et Bassères. — L'eau d'alimentation pénètre par le sommet de l'appareil ordinairement placé à un mètre au dessus du niveau moyen de l'eau dans la chaudière, tombe en pluie fine à travers un disque perforé, se réchauffe au contact d'un jet de vapeur pris sur le dôme du générateur et passe par un entonnoir dans une cuvette cylindro-conique où elle dépose les sels calcaires précipités sous l'action de la chaleur; débordant ensuite dans un espace annulaire concentrique, le liquide clarifié se rend à la chambre d'eau par l'effet de la différence de niveau, en passant par un tuyau mis en communication, soit avec la partie inférieure du corps principal, soit avec les bouilleurs ou les tubes réchauffeurs.

On reproche au système l'insuffisance du contact de l'eau avec la vapeur et le séjour trop peu prolongé du liquide dans l'appareil. La température obtenue n'est pas assez élevée, l'épuration reste incomplète et souvent les sels précipités rentrent en grande partie dans la chaudière sous l'action du courant trop rapide qui s'établit dans le circuit.

Cet épurateur rend peu de services pour le traitement des eaux séléniteuses.

Comme perfectionnement, M. Weissenborn contrarie le courant par l'interposition d'une masse filtrante formée de cailloux, voire même de fascines, disposition assez simple qui donne une séparation plus complète des matières solides, mais laisse également à désirer sous le rapport de l'épuration des eaux chargées de sulfate de chaux.

Déjecteur Potez. — L'appareil imaginé par M. Potez tend à remédier aux deux défauts essentiels du système Lugand et Bassères. Eau d'alimentation, vapeur et liquide épuré viennent déboucher à la base d'une colonne verticale munie, à l'intérieur, d'un grand nombre de disques superposés, percés de petits trous et traversés à leur centre par un tuyau qui s'élève de quelques centimètres au dessus d'un filtre que supporte le dernier disque supérieur.

L'eau froide refoulée par la pompe alimentaire se trouve, à son entrée dans l'appareil, en contact avec la vapeur, traverse de bas en haut, par l'effet de la pression, les disques et la masse filtrante et redescend épurée par le tuyau central qui la conduit à la chaudière.

Les dépôts, retenus dans leur marche ascensionnelle par le filtre, retombent au fond de la colonne, d'où ils sont extraits de temps à autre par un robinet de vidange.

Si l'épuration est plus complète, l'entretien des appareils réclame plus de soins et comme les trous des disques s'obstruent assez rapidement, l'efficacité du système ne peut être assurée qu'au prix de fréquents nettoyages.

Réchauffeur Wohnlich. — Un fort tube, fermé par le bas, plonge directement dans la vapeur du dôme de la chaudière et reçoit l'eau de la pompe alimentaire par un tuyau qui vient déboucher près du fond. Le liquide s'élève ainsi dans le tube, déborde et redescend dans un serpentin héliçoïdal, pour finir par se mêler à l'eau du générateur.

Outre l'inconvénient d'une séparation défectueuse des sels calcaires, le réchauffeur Wohnlich présente le désagrément d'exiger l'arrêt de la chaudière pour son nettoyage et, d'autre part, toute disposition destinée à isoler momentanément l'appareil du générateur entraînerait certaine complication de nature à enlever au système son principal mérite : la simplicité.

Système Farinaux. — Nous retrouvons la colonne verticale et les disques de M. Potez, moins le filtre. L'eau de la pompe débouche à la partie supérieure de la colonne, rencontre, dans sa descente à travers tous ces plateaux, un jet de vapeur qui pénètre par le bas, se dépouille, par décantation dans une cuvette inférieure, des matières séparées sous l'influence d'une haute température et se rend à la chaudière après avoir passé dans une sorte d'entonnoir qui termine le corps principal du réchauffeur.

Ces colonnes qui, pour donner de bons résultats, réclament une assez grande hauteur, devraient être entourées de corps mauvais conducteurs pour éviter les pertes sensibles de calorique dues au rayonnement. MM. Potez et Wohnlich, par l'introduction du déjecteur dans la chaudière même, ont voulu faire dispa-

raître cet inconvénient, mais ils sont tombés dans un autre par la nécessité des chômages et l'accroissement des difficultés du nettoyage.

Purificateur Schau. — Une sorte de dôme, placé sur la chaudière et mis en communication avec le réservoir de vapeur, porte une pomme d'arrosoir à sa partie supérieure, renferme une série de plateaux superposés avec trous non correspondants d'un étage à l'autre et se termine par une cuvette munie d'un trop-plein qui débouche dans la chambre d'eau du générateur. Le fonctionnement de l'appareil est le même que dans les dispositions précédentes : l'eau, préalablement chauffée, ou par un injecteur, ou par un réchauffeur d'alimentation, jaillit de la pomme d'arrosoir, tombe de disque en disque sous forme d'une pluie que traverse la vapeur et se rend dans le réservoir d'eau, après avoir abandonné les dépôts sur les plateaux, contre les parois du dôme et sur le fond de la cuvette.

L'appareil Schau retire en moyenne le tiers des sels contenus dans l'eau d'alimentation et son efficacité est d'autant plus grande que les eaux sont plus riches en carbonate de chaux, résultat qui semble indiquer que la température du liquide dans le dôme-épurateur n'est pas suffisante pour la séparation complète du sulfate de chaux.

Déjecteur Meunier. — L'inventeur s'est proposé comme but de généraliser l'emploi des générateurs tubulaires par l'épuration préalable des plus mauvaises eaux. Au sommet d'un réservoir cylindrique contenant un filtre, débouchent deux tuyaux concentriques ; l'un, destiné à l'arrivée de l'eau d'alimentation, se termine par une crépine perforée, et l'autre, qui reçoit la vapeur prise à la chaudière, est muni d'un clapet-régulateur et porte une série de trous tant sur les parois qu'à son extrémité.

L'eau, ainsi réduite à un état de grande division, se réchauffe au contact de la vapeur, gagne par un tuyau central le fond du déjecteur, où elle abandonne les matières solides séparées par la chaleur, s'élève à travers la masse filtrante, qui achève l'épuration, et se rend par un trop-plein dans la partie inférieure de la chaudière.

Epurateur Haswell. — Le liquide envoyé par la pompe ou par l'injecteur à l'entrée d'un long cheneau en tôle suspendu dans la chambre de vapeur, circule à travers une série de chicanes qui retiennent les dépôts et se rend à l'autre extrémité dans un tuyau qui le conduit dans la chambre d'eau du générateur.

Cet appareil, qui peut être appliqué aux locomotives, évite les pertes de chaleur dues au rayonnement et fournit un résultat dont témoigne la quantité de matières trouvées dans la rigole; mais il a, comme d'autres qui précèdent, le grave inconvénient de nécessiter l'arrêt de la chaudière pour les nettoyages.

Appareil Wagner. — L'inventeur, qui a imaginé les deux sortes d'épurateurs, à basse et à haute pression, fait de même intervenir, dans le système à grande pression, la forme de dôme, la pomme d'arrosoir et les plateaux que nous avons vus dans le déjecteur Schau.

La différence consiste essentiellement dans la disposition donnée aux plateaux diviseurs et au tuyau de vapeur qui débouche directement de la chaudière.

Les disques, étagés et de diamètres différents, portent au centre une grande ouverture circulaire munie, comme la périphérie, de rebords de hauteurs respectives telles que l'eau d'alimentation tombe alternativement d'un plateau sur l'autre, par les bords extérieurs et par les ouvertures centrales.

Un tuyau, disposé dans l'axe de l'appareil et percé de trous sur ses parois, sert au passage simultané de

la vapeur et de l'eau clarifiée qui se rend ensuite dans le générateur. Ce système se recommande surtout pour locomobiles et pour locomotives.

Déjecteur Toth. — Cet épurateur, que je me borne à signaler, est analogue aux précédents et vient s'ajouter à la longue liste des appareils de ce genre que l'on a vus à l'exposition de Paris en 1867. Beaucoup n'ont pas reçu la sanction de la pratique, mais il y a parfois, pour le chercheur, certain parti à tirer des principes sur lesquels repose leur construction.

Appareil Belleville. — L'eau d'alimentation, projetée violemment sous le fond supérieur d'une haute colonne verticale, retombe en pluie à travers un jet de vapeur jusque sur un plateau horizontal de section moindre que celle de la colonne ; de là elle arrive échauffée dans le fond de l'appareil, où elle se maintient automatiquement à peu près au même niveau que l'eau de la chaudière et y dépose, avant son introduction dans le générateur, tous les corps solides qui peuvent être expulsés de l'appareil par l'ouverture d'un robinet de vidange.

Grâce à une heureuse modification pour expulser l'air introduit par la pompe alimentaire, ce système donne de bons résultats pour les chaudières tubulaires alimentées par de l'eau de mer ou par des eaux douces fortement chargées.

Système Meyer. — Directement installé sur la chaudière, cet appareil, de forme cylindrique à base tronc conique, renferme une cuvette traversée à son centre par un tuyau vertical en communication avec la chambre de vapeur. L'eau d'alimentation, injectée à la partie supérieure de l'épurateur, tombe en cascade sur une série de plateaux étagés, s'échauffe au contact de la vapeur, se dépouille des sels précipités qui se déposent au fond de la cuvette et déborde dans l'espace annulaire ménagé entre celle-ci et son enveloppe, pour

arriver dans le générateur par l'effet d'une différence de niveau. Un robinet purgeur sert à l'évacuation des dépôts pendant la marche.

Ce déjecteur, assez simple et peu encombrant, est applicable aux chaudières à haute pression.

Epurateur automatique Pauksch. — Par un manchon placé à l'avant du générateur, M. Paucksch introduit dans la chambre d'eau et à quelques centimètres du fond, un fort tuyau qui règne horizontalement sur toute la longueur de la chaudière et porte, après assemblage à l'intérieur, une série de tubes verticaux dont le bout supérieur, percé de trous, se tient à une quinzaine de centimètres en dessous de la surface de l'eau.

Un tuyau, traversant la chambre de vapeur et plongeant dans l'un des derniers tubes vers l'arrière du générateur, amène l'eau d'alimentation qui ne tarde pas à s'échauffer dans l'appareil au contact de la vapeur, s'y débarrasse des sels et autres corps dont elle est chargée et déborde du sommet des tubes pour retomber dans la chambre d'eau.

Les dépôts pulvérulents peuvent être évacués pendant la marche de la chaudière par l'ouverture d'une soupape qui ferme l'extrémité antérieure d'un long tube fenestré logé sur le fond du cylindre épurateur.

A la longue, l'appareil s'incruste et l'engorgement des orifices nuit au fonctionnement. Alors un chômage est indispensable et, les tubes étant enlevés par l'intérieur de la chaudière, le cylindre s'extrait facilement par le manchon.

Pour parer aux inconvénients d'une obstruction plus ou moins grande du déjecteur, l'arrière du cylindre porte un tuyau ouvert qui s'élève verticalement au dessus du niveau de l'eau, active la vidange des dépôts et sert de soupape de sûreté pour l'alimentation du générateur.

Cette disposition évite les pertes de calorique par rayonnement, permet l'expulsion des boues sans arrêt et donne un débit facile à régler, par des dimensions convenables, pour prolonger suffisamment le séjour de l'eau dans l'épurateur ; mais elle n'est pas applicable à tous les types de générateurs, devient une cause d'affaiblissement d'une partie de la chaudière déjà faible par elle-même et directement exposée à l'action du feu, et nécessite en fin de compte le refroidissement du générateur pour le démontage, le nettoyage à fond et le remontage des divers organes qui constituent l'épurateur Paucksch.

e. *Chauffage par la décharge de la vapeur.* — Dans les divers systèmes d'épurateurs précédents, l'eau d'alimentation est chauffée en grande partie au détriment du calorique nécessaire à la génération de la vapeur dans la chaudière.

Ceux dont l'énumération suit utilisent la chaleur qui serait entraînée en pure perte par la décharge des vapeurs de la machine. Ce sont, en définitive, des sortes de condenseurs disposés spécialement pour la séparation et le nettoyage des matières précipitées sous l'influence de la température communiquée à l'eau condensante.

Réchauffeur Payne. — A sa sortie du cylindre de la machine, la vapeur débouche dans la partie inférieure d'un vase cylindrique et traverse, dans son mouvement ascensionnel, l'eau d'alimentation qui, arrivant par le sommet de l'appareil, vient tomber en cascade sur une série de cônes étagés, mais alternativement renversés. La partie qui ne serait point condensée passe à travers une plaque perforée et s'échappe librement par le haut de l'épurateur.

L'eau qui suit ainsi une marche opposée à celle de la vapeur s'échauffe rapidement, dépose les sels préci-

pités dans le fond et se rend au bassin d'alimentation après avoir passé dans un filtre muni d'un trop plein.

Le contact prolongé de l'eau et de la vapeur, la marche imprimée au liquide et la filtration dans le réchauffeur donnent une eau clarifiée sinon totalement épurée.

Appareil Waters. — Ce réchauffeur, de forme cylindrique, est traversé à son centre par le tuyau de vapeur, qui débouche au bas de l'appareil et s'élève jusqu'au dessus du niveau d'eau maximum que l'on règle à l'aide d'un robinet et d'un tube indicateur en verre.

Au niveau minimum, auquel l'eau peut être aspirée sans troubler le dépôt de sels, part un tuyau recourbé en communication avec la pompe et que surmonte, à l'intérieur de l'appareil, un tube d'air ou de vapeur prolongé jusqu'au dessus du niveau maximum du liquide.

La vapeur arrive par le tuyau central, vient frapper contre un *déflecteur* qui la renvoie contre le tuyau d'arrivée de l'eau jaillissant en minces filets par les trous d'un distributeur et s'échappe par le haut du déjecteur si la condensation n'a pas été complète.

Les manœuvres, tant pour l'introduction que pour la sortie de l'eau, réclament une surveillance attentive de la part du chauffeur. Si le niveau s'élève au dessus des tuyaux d'air et de vapeur, la pompe aspire de l'eau qui n'a pas eu le temps de s'échauffer ni, par suite, de s'épurer, tandis qu'elle ne donnerait que de l'air ou de la vapeur si le niveau venait à s'abaisser sous celui du tuyau d'eau chaude. Il faut donc consulter fréquemment le tube indicateur, régler soigneusement les débits d'eau froide et d'eau chaude et ouvrir un trop plein lorsque le liquide vient à s'élever jusqu'au niveau de l'orifice d'échappement de la vapeur. Malgré les soins qu'exige son fonctionnement, ce réchauffeur

d'origine américaine est assez répandu aux Etats-Unis.

Autre épurateur. — J'ai vu fonctionner avec plein succès, dans une distillerie de Sombreffe, un appareil du même genre, mais plus simple que le précédent et qui marche automatiquement.

La description suivante est extraite de mon rapport annuel sur les machines à vapeur pour l'exercice 1883.

Ce réchauffeur se compose simplement d'une haute caisse en tôle, de section rectangulaire, divisée en trois compartiments superposés, dont celui du dessous possède une capacité double de celle des autres.

Chaque compartiment, mis en communication constante avec le voisin par un tuyau vertical de $0^m,45$ de diamètre formant trop plein, est pourvu d'un trou d'homme et d'un robinet purgeur destinés au nettoyage à fond ou partiel.

L'eau froide arrive du haut par une tubulure que ferme une soupape commandée par un flotteur, déborde, par le trop plein, du compartiment supérieur dans le deuxième et de celui-ci dans le troisième; mais en même temps la vapeur, suivant une marche inverse, pénètre par le bas de l'appareil, traverse les gerbes d'eau qui se forment dans les tubes verticaux, cède tout ou partie de sa chaleur au liquide et s'échappe, si elle n'est entièrement condensée, par un tuyau de décharge ménagé au sommet de la caisse.

Sous l'influence de l'élévation de la température du liquide, l'acide carbonique se dégage avec la vapeur et donne lieu à la précipitation principalement d'une forte proportion de carbonate de chaux, qui, non seulement se dépose au fond de chaque compartiment à l'état de boues, mais incruste tellement l'intérieur des tuyaux de communication qu'il a fallu donner à ceux-ci un fort

diamètre pour éviter la contre-pression pouvant résulter d'une obstruction partielle du passage de la vapeur.

L'arrivée de l'eau dans l'appareil est réglée automatiquement par un flotteur qui ouvre la soupape, lorsque, par le jeu de la pompe alimentaire, le niveau vient à baisser dans le réservoir inférieur. Le liquide, ainsi chauffé à une température de près de 90 degrés, acquiert une pureté qui a permis de tripler la durée de marche continue des chaudières, tout en faisant disparaître presqu'entièrement l'incrustation des tôles.

La pratique a montré qu'entre deux chômages, le diamètre des tuyaux de trop plein est réduit de $0^m,45$ à $0^m,30$ seulement. Ce déjecteur, d'une construction toute rudimentaire et peu coûteuse, se recommande par la simplicité de son fonctionnement et les facilités de son entretien. Il conviendrait toutefois, pour compléter l'appareil, de revêtir cette grande caisse d'une enveloppe mauvaise conductrice de la chaleur.

Hydrotmo-purificateur Wagner. — Ainsi appelé par son inventeur, l'hydrotmo-purificateur, coûteux et encombrant, présente toutefois l'avantage de prolonger considérablement le contact de l'eau avec la vapeur et de séparer plus de 80 p. $^0/_0$ des substances renfermées dans l'eau d'alimentation. Complet, il comprend deux appareils distincts : un réchauffeur et un filtre.

Le réchauffeur est formé de trois parties essentielles superposées qui donnent à l'ensemble l'aspect d'une grande caisse avec portes d'accès pour la surveillance et les nettoyages. La partie supérieure, qui peut servir en même temps de compteur, se compose d'un petit réservoir qui reçoit d'abord l'eau d'alimentation, dont le débit est réglé par un robinet, avant de pénétrer dans le compartiment intermédiaire. Celui-ci, qui constitue le réchauffeur proprement dit, renferme une pile

d'une cinquantaine de cuvettes plates, de forme rectangulaire, munies de déversoirs disposés alternativement à l'avant et à l'arrière de la caisse. L'eau tombe ainsi de cascade en cascade pour arriver dans la troisième partie ou bassin de décantation. Ce dernier compartiment, pourvu d'un trou d'homme pour le nettoyage des parois lors du chômage et d'un robinet pour la vidange pendant la marche, porte un tube en verre, indicateur du niveau d'eau maintenu constant par un robinet à flotteur.

La vapeur de la décharge arrive par un tuyau qui s'élève dans le bassin de décantation jusqu'au dessus du niveau de l'eau, vient frapper contre un déflecteur qui la répartit dans le réchauffeur, chemine à travers les cascades et sort, si elle n'est toute liquéfiée, par un tuyau d'échappement s'ouvrant au dessus de la première cuvette.

Le second appareil, de forme cylindrique, reçoit du décanteur le liquide déjà dépouillé, qui traverse une masse filtrante formée ordinairement d'une série de rondelles de bourre de soie, pour se rendre ensuite à l'aspiration de la pompe alimentaire.

Tout le système est installé sur maçonnerie et suffisamment élevé pour faciliter l'aspiration de l'eau, dont la température est devenue voisine de celle d'ébullition.

Les grandes portes du réchauffeur, à fermeture hermétique en caoutchouc et l'obturateur du filtre, appliqué par vis de pression, permettent un nettoyage facile et rapide de l'un et de l'autre appareil qui peuvent fonctionner soit ensemble, soit séparément.

Appareil Davey et Paxman. — La marche suivie par l'eau et la vapeur est inverse de celle imprimée dans les systèmes précédents ; c'est de plus un réchauffeur par surface et non plus par contact.

L'eau froide, venant par le bas, s'élève dans une colonne verticale sous l'effet d'une pression naturelle ou artificielle, en circulant dans le labyrinthe formé par des chicanes attachées aux parois et par les cannelures d'un serpentin de forme spéciale qui occupe le centre de l'appareil.

La vapeur, qui arrive par le haut, rencontre de son côté des chicanes disposées dans le serpentin même et la partie non condensée se dégage librement par un tuyau d'échappement inférieur. Les boues sont évacuées par un robinet purgeur pendant le fonctionnement de l'appareil et les concrétions calcaires s'enlèvent après le démontage, très facile du reste, des parties exposées à l'incrustation.

Appareil Castets. — C'est également un réchauffeur par surface qui, recevant la vapeur d'échappement du cylindre de la machine sous une pression de 2 1.2 atmosphères par exemple, chauffe l'eau d'alimentation à une température de plus de 80 degrés.

Il est surtout efficace pour l'épuration des eaux riches en carbonate de chaux.

Épurateur Walz. — Ce procédé mixte purifie l'eau par l'emploi d'un réactif et par l'utilisation des chaleurs perdues de la décharge.

Une grande caisse horizontale en tôle comporte trois compartiments juxtaposés, que je désignerai par les lettres *A*, *B* et *C* et qui sont séparés par deux cloisons verticales dont l'une, entre *A* et *B*, part du haut et descend jusqu'au fond et l'autre s'élève du fond jusqu'un peu au dessus du niveau moyen de l'eau.

Le premier compartiment *A* est surmonté de la caisse à réactif et se trouve en communication avec le tuyau de la pompe alimentaire placé à la partie supérieure. Une disposition simple et fort ingénieuse ouvre automatiquement le robinet d'introduction du réactif pro-

portionnellement à la quantité d'eau qui arrive dans l'appareil. La plus grande partie des sels précipités par la réaction chimique se dépose au fond de ce compartiment, tandis que le liquide passant sous la cloison monte dans celui *B*, où il rencontre la vapeur de la décharge de la machine, dépose en s'échauffant une nouvelle quantité de matières solides et va se déverser au dessus de la seconde cloison dans le dernier compartiment *C*, pour subir une troisième décantation avant sa sortie de l'appareil.

Des robinets purgeurs servent à l'évacuation des dépôts pendant la marche de l'épurateur.

L'entrée de l'eau, également automatique, est réglée par un robinet à air en relation avec un système de levier, portant à l'une de ses extrémités un contrepoids mobile à volonté et à l'autre une sorte de seau, en communication avec la capacité *C* au moyen d'un tube flexible en caoutchouc, se remplissant ou se vidant selon le niveau qui s'établit dans ce troisième compartiment.

La position donnée au contre-poids est telle qu'un mouvement de bascule se produit dans un sens ou dans l'autre, suivant que le seau se vide ou s'emplit.

Le niveau de l'eau épurée vient-il à baisser par l'introduction de celle-ci dans le générateur, le seau délesté se soulève par l'effet du contrepoids et le levier, par la fermeture du robinet à air, met en mouvement la pompe destinée à l'alimentation de l'appareil.

L'épurateur Walz laisse à désirer sous le rapport de l'utilisation du calorique dégagé par la vapeur, dont le contact avec l'eau n'est ni assez intime, ni suffisamment prolongé.

Appareil Berryman. — M. Berryman fait usage d'un réchauffeur par surface, qui agit sous pression tout en ne prenant que la vapeur de décharge du cylindre.

Ayant constaté que pour les machines à haute pression la moitié de la chaleur contenue dans la vapeur d'échappement pouvait lui suffire pour communiquer à l'eau une température de près de 100 degrés, l'inventeur se sert de deux appareils identiques communiquant entre eux par les tuyaux d'eau et de vapeur et reliés l'un et l'autre avec le générateur.

La vapeur entre dans le premier, passe dans une série de tubes en forme d'*U* renversé, et se rend dans le second pour circuler dans un serpentin du même genre. Pendant ce temps la pompe alimentaire envoie dans les appareils accouplés l'eau froide qui s'échauffe au contact des serpentins et monte jusqu'aux tuyaux qui la conduisent directement à la chaudière.

Les sels terreux précipités tombent au fond des deux cuvettes et sont extraits de temps en temps par un robinet purgeur.

Réchauffeur Legris et Choisy. — Ce réchauffeur utilise également la vapeur d'échappement du cylindre, mais agit par contact et sans pression.

On pourrait étendre encore cette nomenclature des appareils à chauffer l'eau d'alimentation, mais tous les autres, qui reposent sur le même principe, ne diffèrent que par des questions de détail que l'on retrouve dans l'un ou l'autre des systèmes décrits.

Je terminerai cette énumération déjà longue par quelques mots sur le système Kolb, pour passer ensuite à la discussion des divers modes de séparation des sels par la chaleur.

Epurateur Kolb. — L'eau est chauffée dans un premier réservoir par la vapeur de la décharge qui vient y compléter sa condensation après avoir circulé dans un serpentin ; les sels précipités se déposent en partie et le liquide se rend dans un second réservoir d'où, après une nouvelle décantation, il est refoulé par la

pompe alimentaire dans un réchauffeur spécial, qui achève la séparation des matières solides avant son entrée dans la chaudière. Ces appareils sont assez encombrants.

Pour les descriptions qui précèdent, j'ai classé les réchauffeurs d'après le mode de chauffage de l'eau par la vapeur prise, soit directement à la chaudière, soit à sa sortie du cylindre de la machine, et je ne reviendrai plus sur l'avantage des seconds sur les premiers sous le rapport d'une économie rationnelle de combustible. Mais on pourrait adopter d'autres subdivisions qui se prêtent mieux à la discussion des avantages et inconvénients de chacun des systèmes.

Ainsi, les réchauffeurs sont ouverts ou bien fermés selon qu'ils doivent agir avec ou sans pression.

A la catégorie des appareils ouverts appartiennent tous ceux que nous avons vus utilisant la chaleur de la vapeur à sa sortie du cylindre, à l'exception de l'épurateur Berryman. N'étant soumis qu'à une très faible pression, ces déjecteurs peuvent avoir des parois peu résistantes, ne présentent à peu près aucun danger, sont moins exposés aux avaries de toute espèce et partant coûtent moins d'établissement et d'entretien ; mais ils réclament l'usage de deux pompes, l'une pour l'introduction de l'eau froide dans le chauffeur, l'autre pour le refoulement du liquide épuré dans la chaudière et dont le fonctionnement exige des dispositions particulières lorsque l'eau d'alimentation atteint des températures élevées.

Les réchauffeurs fermés, qui comprennent outre l'appareil Berryman tous ceux chauffés directement par la vapeur de la chaudière, doivent être construits pour résister à la pression du générateur et occasionnent nécessairement une certaine perte de calorique ;

mais ils communiquent à l'eau une température notablement plus élevée, produisent une précipitation plus complète des sels de chaux, surtout du sulfate et ne demandent qu'une pompe alimentaire ayant l'avantage de fonctionner à l'eau froide.

On peut encore les diviser en *réchauffeurs par surfaces*, tels que ceux de Davey et Paxman, Castets, Berryman, etc., dans lesquels la vapeur est séparée du liquide par une surface métallique au travers de laquelle se fait la transmission de la chaleur, et en *réchauffeurs par contact ou à injection*, comme tous les autres appareils ci-dessus décrits et dans lesquels la vapeur, qu'elle provienne du générateur ou de la machine, vient se mélanger intimement avec l'eau qu'il s'agit de chauffer et d'épurer avant l'alimentation.

Ceux par surfaces permettent de porter le liquide à la température d'ébullition sans nuire à la marche de la pompe alimentaire, séparent de l'eau les graisses et autres impuretés entraînées par la vapeur, sont, par suite, plus favorables à la conservation des parois de la chaudière et deviennent nécessaires, pour les machines à condensation, lorsqu'on veut élever l'eau déjà chaude de la pompe à air à des températures beaucoup plus élevées.

Ainsi qu'on l'a vu pour les condenseurs proprement dits, les matières grasses aussi bien que les variations brusques de températures exercent, sur les tubes de vapeur et leurs assemblages, une action nuisible qui ne tarde pas à se manifester par des fuites ; la couche grasse, dont la vapeur finit par tapisser la paroi métallique en contact avec elle, vient s'ajouter aux concrétions calcaires déposées par le liquide sur l'autre paroi pour diminuer sensiblement la transmission de la chaleur et augmenter les risques d'avaries; enfin, les complications auxquelles entraînent ces dispositions

rendent les nettoyages plus difficiles ; aussi, ces appareils, très en vogue au début, n'ont-ils pu détrôner les réchauffeurs à injection, plus simples d'installation, qui utilisent mieux la chaleur en tout temps par le contact intime de l'eau avec la vapeur et dont le principal inconvénient, la difficulté d'aspiration de l'eau chaude, peut être évité en ménageant une certaine charge pour que la pompe n'agisse que par refoulement, soit par la position de celle-ci, soit par l'addition d'un petit réservoir sur le tuyau d'aspiration.

II. — *Après l'alimentation.*

Deux moyens principaux se présentent pour combattre les effets nuisibles des dépôts, après l'introduction de l'eau dans la chaudière : le débourbage des matières précipitées pendant la vaporisation et l'emploi de substances propres à empêcher l'adhérence des concrétions sur les parois du générateur.

CHAPITRE Ier

APPAREILS DÉBOURBEURS

L'évacuation des dépôts formés dans la chaudière et non adhérents aux tôles peut avoir lieu par intermittence ou d'une façon continue.

Avant de traiter ce sujet, je dirai quelques mots du procédé usité surtout pour les générateurs à basse pression, alimentés à l'eau de mer et qui consiste dans l'extraction de l'eau, afin de prévenir la saturation par rapport à certains sels, notamment du sulfate de chaux.

Evacuations d'eau avant saturation. — Rappelons-nous que les sels, dont la proportion domine dans l'eau

de mer, sont : le chlorure sodique et le sulfate de chaux.

La grande solubilité du premier ne permet guère au liquide d'arriver à saturation et, la chose eût-elle lieu, que l'incrustation due au sel marin serait aisément dissoute par l'introduction dans la chaudière d'une nouvelle quantité d'eau d'alimentation.

Le sulfate de chaux, au contraire, très peu soluble à froid, l'est de moins en moins à mesure que la température de l'eau s'élève : ainsi l'eau de mer qui, chauffée à 103 degrés centigrades, marque 12°,5 Beaumé, laisse déposer une partie de ce sel dont elle retient environ un 1/2 p. °/₀ de son poids. Si donc on évacue du générateur un volume de liquide suffisant pour que la proportion de sulfate de chaux extraite soit constamment supérieure à celle introduite par la pompe alimentaire ou si, en d'autres termes, une extraction méthodique de l'eau prévient la saturation par rapport à ce sel, les parois de la chaudière seront mises à peu près complètement à l'abri de l'incrustation.

Mais déjà à la température de 127 degrés ou à la pression correspondante de 2 1/2 atmosphères environ, le liquide ne marque plus que 3 degrés Beaumé, tout comme l'eau prise directement à la mer et une grande partie de la matière incrustante se précipite au fur et à mesure de l'introduction de l'eau dans la chaudière. De telle sorte que la séparation du sulfate de chaux étant complète avant que la pression du générateur ait atteint 4 atmosphères, il n'est plus possible, dès lors, de prévenir la saturation par rapport à ce sel, le système de l'évacuation d'eau perd toute son efficacité et l'on peut dire que l'application de ce moyen de combattre l'adhérence des dépôts se trouve limitée à la pression maximum de 3 atmosphères.

L'aréomètre Beaumé, l'appareil de M. Seaward ou tout autre instrument basé sur le même principe est, par suite, nécessaire pour apprécier à chaque instant le degré de concentration de l'eau dans la chaudière et déterminer le volume à extraire, soit par intervalles à l'aide d'un robinet mû à la main, soit d'une façon continue au moyen de pompes dites *d'exhaustion ou à désaturation.*

Quelle est, dans la pratique, la proportion de liquide à évacuer? Quelle est la perte de chaleur qui en résulte?

Soit un générateur alimenté à l'eau de mer et soumis à la pression de 3 atmosphères. La température d'ébullition de l'eau pure étant alors de 134 degrés, celle de l'eau de mer à saturation sera de 142 degrés (134 + 8) et si l'on maintient par les évacuations un degré de concentration dans la chaudière égal à la moitié, par exemple, de celui de la saturation et correspondant ainsi à 18.18 p. °/₀ de sel, le liquide entrera en ébullition à 138 degrés (134 + 8/2), d'où une économie de 4 calories par kilogramme d'eau.

Mais il a fallu extraire la moitié du volume d'eau consommé et perdre, par conséquent, 138/2 ou 69 calories, soit définitivement une perte de chaleur de 65 calories, et comme chaque kilogramme du liquide à saturation absorbe, pour se vaporiser,

$$606,5 + 0,305 \times 142 = 650 \text{ calories},$$

on voit que l'extraction d'eau se traduit par une perte de chaleur de 10 p. °/₀.

En realité, le dépôt du sel ne commence qu'après évaporation des 7/10 du volume total de liquide, mais il faut évacuer la moitié de la consommation, si l'on veut obtenir un résultat certain. Néanmoins ce procédé, malgré les dépenses auxquelles il entraîne, est encore

bien préférable à la formation des dépôts dont tous les inconvénients sont connus du lecteur. C'est, du reste, le moyen appliqué à toutes les chaudières alimentées à l'eau de mer et privées du condenseur à surfaces.

Je n'entrerai pas dans le détail de toutes les dispositions adoptées et dont la principale difficulté d'emploi consiste à prévenir l'incrustation des orifices d'évacuation.

Avec l'eau douce, l'extraction du liquide concentré ne peut rendre de service, attendu qu'en général la proportion de sulfate de chaux est relativement peu élevée par rapport à celle du carbonate, dont la solubilité est beaucoup plus faible ; mais on peut procéder, pendant la marche du générateur, à l'évacuation intermittente ou continue des dépôts eux-mêmes. De là les deux systèmes que nous allons examiner.

a. — *Evacuation intermittente des dépôts.*

Nous avons vu que les dépôts sont de deux sortes : les concrétions calcaires, adhérentes aux parois et qui résultent de la cristallisation de certains sels lorsque l'eau atteint son degré de saturation, soit par concentration ordinaire, soit par l'effet d'une température suffisamment élevée et les boues, tenues en suspension dans le liquide pendant la génération de la vapeur et qui proviennent, d'une part, des matières insolubles entraînées avec l'eau d'alimentation et, de l'autre, d'une partie des corps précipités par l'action de la chaleur ou par l'emploi d'un désincrustant. Ces dépôts, les derniers surtout, augmentent rapidement de volume et finissent par former des amas considérables dont la présence nécessite, après un temps de marche plus ou moins court, l'arrêt et le nettoyage à fond de la chaudière.

On parvient toutefois à prolonger notablement la durée de fonctionnement de celle-ci par la vidange des boues, dans une proportion qui dépendra du rapport du volume de la chambre d'eau à l'étendue de la surface de chauffe. Avec les chaudières cylindriques ordinaires, à petite surface de chauffe relative, l'évacuation des dépôts ne devient necessaire qu'à des intervalles assez éloignés, mais avec les systèmes tubulaires ou autres, à grande surface d'évaporation comparativement à la capacité de la chambre d'eau, il convient de répéter fréquemment la vidange ou mieux de rendre celle-ci continue.

Dans tous les cas, lorsque la chose est possible, il est bon d'évacuer chaque soir, quelque temps après l'arrêt du travail, toutes les boues qui viennent s'accumuler dans les parties inférieures de la chaudière. Ce moyen tout rudimentaire contrarie la cristallisation des divers sels, empêche le durcissement des dépôts vaseux, diminue sensiblement l'épaisseur des matières incrustantes et permet ainsi d'éviter un grand nombre des inconvénients précédemment signalés. Il suffit pour cela d'adapter, au point le plus bas du générateur, une sorte de poche, munie d'un robinet que le chauffeur manœuvre à des intervalles que l'expérience ne tarde pas à lui faire connaître.

Mais comme l'effet que l'on peut attendre d'une telle mesure dépend des soins et de l'intelligence d'un ouvrier, l'efficacité du système est rarement complète et jamais certaine. Aussi a-t-on recours, pour assurer la régularité des extractions, à l'emploi d'appareils débourbeurs qui recueillent les matières solides pour ainsi dire au fur et à mesure de leur séparation.

b. — *Evacuation continue des dépôts.*

Le mouvement continu de l'eau et par suite des substances en suspension dans une chaudière en marche, mouvement provoqué par la simple action de la chaleur ou en même temps par l'effet combiné de certaines dispositions, telles que celles de Galloway, de Belleville, etc., est mis à profit pour l'évacuation des dépôts.

D'après un principe de physique bien connu, si dans un vase contenant de l'eau et chauffé extérieurement, on fait pénétrer les extrémités d'un tuyau, l'une près du fond, l'autre à peu de distance sous le niveau du liquide, il se produit par le refroidissement de la portion extérieure du tube une circulation toujours dans le même sens de la masse d'eau à vaporiser. Ce principe, sur lequel est basé entre autres l'appareil de M. Seaward, qui fait connaître à tout instant le degré de concentration de l'eau dans les chaudières alimentées à l'eau de mer, en vue des évacuations avant saturation, donne également un moyen très simple de retenir, dans une poche de décantation disposée sur le parcours du tuyau, la majeure partie des boues entraînées par le courant.

Outre les matières insolubles introduites par l'alimentation ou dues à toute autre cause et les écumes produites par l'ébullition, le carbonate et même le sulfate de chaux sont souvent enlevés avant que l'adhérence ait lieu sur la tôle et ce, en quantités d'autant plus considérables que la température de l'eau se rapproche davantage de 140 à 150 degrés.

Toutes les particules, transportées et maintenues à la surface du liquide par l'effet de l'ébullition, sont aspirées énergiquement par le tube qui débouche au point supérieur de la chambre d'eau et vont se déposer

dans le débourbeur, tandis que le liquide, après décantation, retourne à la chaudière par le second tuyau.

Le degré d'efficacité du système est donc subordonné à la nature des sels renfermés dans l'eau, à la pression dans le générateur et, toutes autres choses égales d'ailleurs, aux dispositions qui, tout en produisant une circulation rapide de l'eau dans le tube, opposent une résistance convenable et méthodique au mouvement des boues dans le décanteur.

De nombreux appareils ont été construits dans ce but. Je rappellerai brièvement quelques-unes des dispositions les plus usitées, me réservant toutefois de donner une description plus détaillée d'un débourbeur, relativement récent et dont l'emploi, de plus en plus répandu dans l'industrie, est le meilleur garant de son efficacité pratique.

Déjecteur anti-calcaire de Duméry. — Cet appareil, comme tous ceux du reste basés sur ce principe, se compose essentiellement d'un récipient en communication avec la chaudière par deux tuyaux, l'un adducteur, l'autre abducteur.

L'extrémité du tuyau qui débouche près du niveau de l'eau dans le générateur, se recourbe horizontalement en une sorte de pavillon, dans lequel les boues en mouvement sont aspirées, pour se rendre dans l'épurateur, cylindre en fonte terminé à sa base en forme de cône et muni d'un couvercle à nervures verticales qui descendent jusque sur un diaphragme horizontal. Le courant d'eau, chargé des matières en suspension, chemine le long de ces chicanes, se décante sur tout son parcours dans le labyrinthe et sort par le tube abducteur qui le ramène dans la chaudière, pendant que les dépôts vaseux, soustraits aux mouvements du liquide par la disposition de l'appareil, passent par des orifices ménagés dans le diaphragme et d'une section plus

grande que celle du tuyau adducteur, tombent au fond de l'entonnoir et sont expulsés de temps en temps par l'ouverture d'un purgeur.

En général ce procédé de débourbage réussit bien sur les chaudières cylindriques ordinaires, alimentées d'eaux riches en carbonate de chaux ou fortement chargées de matières en suspension, mais les résultats sont moins satisfaisants avec des eaux contenant du sulfate calcique et sur des générateurs du système multitubulaire.

Système Forster. — Le réservoir décanteur repose directement sur la chaudière, à l'aide d'un montant dans lequel sont logés les deux tuyaux qui s'élèvent jusqu'au milieu environ de l'épurateur hermétiquement clos et descendent, d'autre part, l'un au fond du générateur, l'autre à quelques centimètres sous le niveau de l'eau.

Ces tubes sont ouverts à leurs extrémités, mais une solution de continuité correspondant au sommet du support et un système de robinet ou de valve, permettent d'établir ou d'intercepter à volonté la communication entre la chaudière et l'épurateur.

Comme dans le procédé Duméry, les matières en suspension, constamment soulevées par les molécules d'eau en ébullition, sont emportées par le courant qui s'établit dans l'appareil et vont se décanter dans le récipient, pendant que le liquide, plus ou moins clarifié, retourne dans le générateur. Ce débourbeur, d'origine bavaroise, a certes le mérite d'une grande simplicité; mais je n'en ai vu d'application nulle part et j'ignore si la pratique a sanctionné son emploi dans l'industrie.

Epurateur-débourbeur Dervaux. — L'inventeur a imaginé plusieurs dispositions reposant toutes sur le même principe.

Type n° 1. — L'appareil primitif, connu sous le nom d'*alimentateur-épurateur* (voir pl. II), avait un double but : l'alimentation continue à niveau constant et l'épuration tant avant qu'après l'introduction de l'eau dans la chaudière.

Je ne parlerai point de l'alimentateur proprement dit, dont la description sortirait de mon sujet ; qu'il me suffise de dire en passant que cet appareil, un peu compliqué toutefois, remplit parfaitement son objet. J'ai constaté souvent, au charbonnage du Hasard, à Tamines, où l'alimentateur est installé depuis 1877 sur un groupe de trois générateurs doubles, que le niveau de l'eau ne varie pas d'un millimètre dans les chaudières.

Le décanteur, capacité cylindrique en tôle *DD'* divisée en deux parties égales par une cloison qui descend verticalement jusqu'à une certaine distance du fond, est mis en communication constante, d'une part, avec l'alimentateur *N* par le tuyau *C*, d'autre part, avec la chaudière par le tube *B*, plongeant dans celle-ci jusqu'au niveau *minimum* que l'eau peut atteindre sans danger.

Un tuyau *A*, dit « de prise de vapeur », relie l'appareil d'alimentation avec le niveau d'eau *normal* qu'il s'agit de maintenir dans le générateur, tandis qu'un bout de tuyau *E*, de plus fort diamètre et disposé verticalement jusqu'au fond de la chaudière, vient emboîter à sa partie supérieure l'extrémité du tuyau *A* pour s'élever de quelques centimètres au dessus du niveau constant du liquide.

L'eau d'alimentation, introduite par une pompe foulante ou par pression d'un réservoir placé à quelque hauteur au dessus de la chaudière, s'échauffe au contact de la vapeur et laisse déposer une partie du carbonate de chaux qui va s'ajouter dans le débourbeur

aux autres matières en suspension. De là une première épuration analogue à celle produite par les *réchauffeurs* ordinaires.

Le liquide, ainsi partiellement dépouillé de ses impuretés, obéit au mouvement continu de circulation qui s'établit comme dans les deux systèmes précédents, se rend, par le tuyau *B*, du décanteur dans la chaudière, où s'achève la précipitation des sels restés en dissolution, se charge des substances et écumes que l'ébullition tend à maintenir à la surface de l'eau et s'élève vivement dans le tuyau *A* pour repasser dans l'alimentateur et compléter sa décantation dans l'appareil de débourbage.

La cloison, faisant l'office de chicane, prolonge le séjour de l'eau dans l'épurateur et favorise le dépôt des boues, qui s'amassent sur le fond en quantité telle qu'une grande régularité dans les vidanges est nécessaire pour éviter l'engorgement de l'appareil, ou du moins pour en assurer l'efficacité complète.

Malgré certains inconvénients que l'inventeur s'est proposé de faire disparaître par les diverses modifications successives que je décris plus loin, cette première disposition a donné des résultats remarquables, ainsi qu'il appert entre autres d'une note de M. J. Henin, insérée en 1879 dans la *Revue universelle des mines*, et d'où j'extrais les données suivantes d'application que cet ingénieur a recueillies sur le fonctionnement de l'alimentateur-épurateur installé au charbonnage de Boubier, à Châtelet.

Alimentés avec de l'eau marquant 39 degrés à l'hydrotimètre, les générateurs devaient subir *mensuellement* un nettoyage à fond, donnant pour chacun d'eux une quantité de dépôts du poids de 135 kilogrammes environ.

Après deux mois et demi d'emploi continu du pro-

cédé Dervaux, le poids des matières retirées de chaque chaudière ne dépassait pas 3 kilogrammes, soit la centième partie des quantités de dépôts extraites auparavant.

Il a été constaté que l'épuration *préalable* abaissait de 11 unités le degré hydrotimétrique de l'eau prise à la sortie de l'alimentateur et qui marquait à la pompe 14 degrés d'acide carbonique et de carbonate de chaux, tandis que la marche de l'appareil pendant 24 heures sur une chaudière mise à feu depuis près de six semaines, a suffi pour expulser la presque totalité des boues accumulées.

La chaudière est donc soumise à un véritable débourbage et les quantités énormes de dépôts qui en sortent sont la meilleure preuve de l'efficacité du système.

Mais il ne faut demander au procédé que ce qu'il peut donner et ceux qui l'ont accueilli comme une panacée universelle se sont exposés à des mécomptes dont la cause leur est imputable.

Avouons-le dès maintenant en toute humilité, le moyen est encore à trouver qui puisse, quelle que soit la nature des eaux, conserver les tôles en parfait état de propreté, sans provoquer des inconvénients pires parfois que le mal à conjurer.

N'est-ce pas en définitive le point essentiel que de pouvoir se débarrasser, à mesure de leur formation, de tous ces dépôts vaseux dont la présence dans le générateur est une source d'ennuis, si elle n'expose aux plus grands dangers, et faut-il rejeter tout système qui ne parviendrait pas en outre par lui-même à prévenir complètement l'incrustation due au sulfate de chaux ?

Certaines eaux souterraines et l'eau de mer renferment des sels alcalins et autres corps solubles en pro-

portion telle que, pour éviter la concentration rapide, le chauffeur doit évacuer un volume d'eau égal au tiers et même à la moitié de la quantité introduite dans la chaudière. L'épurateur Dervaux permet d'enlever, au moment où le degré de saturation est atteint et cela sans perte d'eau appréciable, la portion de sels qui échapperait au pouvoir dissolvant de l'eau d'alimentation.

Il est devenu d'ailleurs, avec les perfectionnements introduits, d'une application facile aussi bien aux systèmes tubulaires les plus compliqués que sur la simple chaudière à foyer extérieur et me paraît appelé à rendre de réels services, non seulement aux machines fixes, mais encore aux moteurs destinés à la locomotion sur terre et sur eau.

Pour des eaux chargées de sulfate de chaux, le procédé peut être complété par l'addition de certains désincrustants, dont l'emploi est entré dans la pratique depuis l'usage des appareils débourbeurs.

Le fonctionnement en est des plus énergiques et les rares insuccès qui m'ont été signalés provenaient, soit d'un défaut de soin, soit d'une application dans des circonstances où la séparation des sels ne peut avoir lieu que très imparfaitement, comme, par exemple, sur une chaudière à basse pression et alimentée d'eau limpide, mais fortement chargée de sulfate de chaux.

Ainsi, il est à observer que ce débourbeur donne des résultats beaucoup moins complets dans les centres d'exploitations minérales notamment, que dans les villes manufacturières, où généralement les appareils à vapeur sont l'objet de soins plus attentifs.

J'ai suivi de près la marche d'un grand nombre de ces appareils, du reste déjà très répandus aujourd'hui et je dois reconnaître qu'ils méritent d'attirer l'atten-

tion des hommes qui ont à cœur d'encourager toutes les tentatives faites en vue d'augmenter la sécurité publique, abstraction faite du côté économique qui intéresse plus spécialement le monde industriel.

Le principe appliqué pour la despumation de l'eau des générateurs n'est pas nouveau ; mais le propre de l'invention, c'est l'alimentation complète ou partielle de la chaudière par l'appareil débourbeur, la double épuration méthodique par la chaleur et, accessoirement, l'énergie avec laquelle le liquide chargé de boues circule dans le thermo-siphon pour combattre l'adhérence des concrétions calcaires.

Au congrès des ingénieurs en chef, tenu à Lyon en 1880, un spécialiste des plus compétents, M. Vinçotte, dont j'ai souvent invoqué l'autorité dans cette étude, a signalé le système Dervaux comme l'un des deux seuls procédés qu'il connaisse pour l'emploi de la soude comme désincrustant.

Tel est donc encore l'état actuel de la question si complexe de l'épuration des eaux destinées à la génération de la vapeur, que l'on se trouve réduit à faire entrer dans la chaudière certains sels qui augmentent en définitive l'impureté du liquide, pour détruire la propriété incrustante des dépôts et transformer ceux-ci en véritables boues, dont l'évacuation réclame le secours d'appareils spéciaux.

Un débourbeur du type n° 4, décrit plus loin, est installé à la manufacture de glaces d'Auvelais depuis plus d'un an, et suffit, à lui seul, pour quatre générateurs d'une surface de chauffe totale de 400 mètres carrés. Ces puissantes chaudières, à double corps, à deux foyers intérieurs et munies chacune de 234 tubes, sont alimentées avec des eaux de la Sambre qui charrient de fortes quantités de limon à diverses époques de l'année.

Les nettoyages devaient s'effectuer toutes les six semaines : les chaudières contenaient des amas considérables de boues dont le volume était presque doublé en temps de crues de la rivière et les parois étaient recouvertes d'incrustations d'une grande dureté sur une épaisseur de plusieurs millimètres. Au bout de quelques mois, les tôles se brûlaient aux endroits peu accessibles et les réparations devenaient d'autant plus fréquentes que les nettoyages étaient forcément de moins en moins complets.

Le débourbeur, appliqué seul dans le principe, parvenait à évacuer toute la masse des dépôts pulvérulents, mais laissait encore sur les parois une mince pellicule de concrétions calcaires. Depuis l'addition de soude caustique, les tôles restent nettes, les boues sont enlevées au fur et à mesure de leur formation et aucun entraînement ne se produit, malgré la présence de ce désincrustant dans l'eau des générateurs.

Le poids de soude consommé est de 960 grammes, soit une dépense de fr. 0-34, par cheval-vapeur et par mois. Le degré hydrotimétrique de l'eau est ramené de 25 à 6 ou 7 unités, l'évacuation des dépôts est complète et, comme l'a déclaré M. Detry, directeur de la fabrique « depuis l'application du procédé mixte, les chaudières ne doivent plus être nettoyées. »

Le système peut ainsi convenir dans la plupart des cas d'applications industrielles. Employé seul pour des eaux peu séléniteuses, chargées de matières en suspension ou contenant une forte proportion de sels très solubles, à défaut d'évacuations périodiques du liquide avant concentration, il devient l'auxiliaire indispensable avec les eaux gypseuses, en expulsant tous les corps séparés par sursaturation ou résultant des réactions chimiques provoquées dans la chaudière en vue de la destruction des propriétés incrustantes du sulfate de chaux.

Le type primitif, avec ses deux appareils : l'alimentateur et l'épurateur, présentait plusieurs inconvénients. Son prix relativement élevé l'empêchait de se généraliser dans la petite industrie, l'installation était assez compliquée, la marche des appareils réclamait certaines connaissances pratiques et une intelligence qui ne se rencontrent pas chez tous les chauffeurs, toute cette tuyauterie, jointe à celle des pompes et de la prise de vapeur ainsi qu'aux appareils de sûreté, aux dômes, aux réservoirs de vapeur, etc., constituait un véritable labyrinthe rendant le dessus des chaudières difficilement accessible. Ces masses de boues, en pénétrant violemment avec l'eau dans l'alimentateur, produisaient à la longue l'incrustation et, par suite, l'engorgement partiel des organes, et l'on pouvait se demander avec certaine raison quelle était la perte de chaleur due au passage de toute l'eau du générateur dans ce long développement de tuyaux, dans les cavités de l'alimentateur, dans le réservoir de décantation, le tout restant exposé à la température de l'air extérieur. Enfin, chaque chaudière exigeait son débourbeur, avec tuyaux distincts d'alimentation et de prise de vapeur.

Voulant avant tout un appareil pratique et se rendant aux conseils d'une critique éclairée, l'inventeur apporta successivement diverses modifications qui eurent pour effet de simplifier le système, partant de diminuer les frais d'achat et de pose, sans nuire aucunement à l'efficacité de l'épuration.

Type n° 2. — Il s'attacha surtout à perfectionner le débourbage, l'alimentateur pouvant, au surplus, fonctionner isolément, et il imagina le type n° 2 (pl. II), connu sous la désignation d'*Epurateur Dervaux, pour l'extraction automatique des matières calcaires contenues dans l'eau des chaudières à vapeur.*

L'évacuation des dépôts du générateur est, en effet, automatique; mais l'expulsion hors du décanteur s'opère encore à la main. Il ne serait certes pas difficile de trouver un moyen mécanique d'effectuer cette extraction, seulement cette complication de l'appareil est-elle bien nécessaire? Tout chauffeur a le temps de faire cette vidange lui-même et le contrôle qu'il exerce ainsi lui permet de se rendre compte du fonctionnement à tout instant.

Ici le procédé d'alimentation est arbitraire et indépendant du système; le décanteur *D* a reçu déjà de plus petites dimensions, la cloison verticale est supprimée et le couvercle ne porte plus qu'une ouverture, livrant passage au tuyau *C*, dont l'extrémité fenestrée plonge jusqu'à une certaine hauteur au dessus du fond du réservoir.

Le tuyau d'extraction *A* traverse la chambre de vapeur de la chaudière pour venir déboucher un peu au dessous du niveau moyen de l'eau et le tuyau *B*, qui s'embranche sur la tubulure traversée par le tuyau *C*, va descendre à quelques centimètres au dessus du fond du générateur.

Le jeu de l'appareil est fort simple : l'eau d'alimentation, refoulée par la conduite *E* dans un petit récipient *F* disposé à un niveau quelque peu supérieur à celui de la chaudière, redescend par le tuyau *C* dans le débourbeur et pénètre dans la chaudière par la conduite *B*, pendant que le liquide, chargé de boues et d'écumes, est aspiré dans le tuyau *A* qui le met en contact avec l'eau injectée; le mélange se rend dans l'épurateur, s'y dépouille de ses impuretés avant de retourner dans le générateur et ainsi de suite.

Le courant est énergique dans ce circuit déjà notablement simplifié, le prix de l'installation est considérablement abaissé et *un seul* appareil peut servir à

l'épuration des eaux de tout un groupe de chaudières. Il suffit alors que chacune de celles-ci soit munie des bouts de tuyaux *a* et *b*, qui pénètrent dans la chambre d'eau et sont mis en communication par un tuyau transversal avec les conduites communes *A* et *B*.

Types nos 3 et 4 (même planche). — Dans ces types connus sous le nom d'*Epurateur-débourbeur Dervaux*, le récipient *F* surmonte directement le décanteur : de là, raccourcissement du tuyau *c* ; la communication *K* du type n° 2 disparaît, le tuyau *E* qui n'amène plus dans le récipient qu'une petite partie de l'eau refoulée par la pompe alimentaire peut avoir un diamètre réduit, le décanteur, d'une forme mieux appropriée à l'objet qu'il doit remplir, se trouve placé sur la maçonnerie des chaudières et la pose des tuyaux *a* et *b* qui plongent dans la chambre d'eau ne nécessite plus qu'une seule tubulure.

Le fonctionnement est, du reste, identique à celui du type précédent.

Comme on le voit, les modèles nos 3 et 4 ne diffèrent entre eux que par les dimensions données au tube embranché sur le tuyau d'alimentation, et au tuyau *c* qui relie le petit récipient au réservoir décanteur.

Type n° 5. — L'épurateur-débourbeur du type n° 5 (même planche) constitue l'appareil réduit à sa plus simple expression. Ce n'est plus qu'une petite poche de vidange directement posée sur l'unique tubulure qui livre passage aux deux tuyaux adducteur et abducteur.

Il y a, par suite, comme disposition, quelque analogie avec l'appareil Forster précédemment décrit ; il s'en distingue, toutefois, par l'adjonction d'un troisième tube *c*, du récipient secondaire *F* et du tuyau *E* qui sert à l'introduction de tout ou partie de l'eau d'alimentation.

Les flèches tracées sur le croquis indiquent suffisamment la marche suivie par le courant liquide.

Un robinet ou une soupape de retenue placée sur le tuyau *E* sert à régler la quantité d'eau d'alimentation à introduire dans l'appareil pour provoquer le mouvement de circulation nécessaire à l'évacuation complète des dépôts pulvérulents.

Chaque chaudière, il est vrai, réclame un épurateur ; mais ce n'est, en somme, qu'une simple boîte cylindrique qui s'adapte aussi facilement qu'une soupape, tient moins de place qu'un dôme ordinaire de chaudière et coûte relativement peu d'installation.

L'épurateur, ainsi réduit à de minimes proportions, est venu de fonte et présente toutes les conditions désirables de sécurité, tandis que les autres types, communs à plusieurs générateurs, réclament naturellement de plus grandes dimensions et les parois en tôle doivent être solidement construites pour résister à la pression des chaudières.

Ce modèle n° 5 peut ainsi convenir également pour locomobiles, locomotives et chaudières de bateau ; le poids mort est insignifiant et le tout n'est pas plus encombrant que les dôme, cheminée, boîte à sable qui surmontent l'un ou l'autre de ces générateurs.

Type n° 6. — Il est un cas cependant où l'application de ce modèle n° 5 donne point ou peu de résultat ; je veux parler des générateurs chauffés par les gaz perdus comme le sont les chaudières de laminoirs.

Dans tous les types adoptés par l'inventeur, les tuyaux qui plongent dans la chambre d'eau doivent, autant que possible, descendre au dessus de la surface de chauffe directe, c'est-à-dire à l'endroit où se produit la plus forte ébullition. Or, pour les générateurs à vaporisation lente, le refroidissement dû à l'arrivée de l'eau d'alimentation, dans la région qui avoi-

sine l'extrémité du tube *B*, peut devenir suffisant pour contrarier le mouvement ascensionnel des boues vers l'orifice du tube extracteur *A* et l'on ne voit sortir du robinet purgeur que de l'eau à peu près claire. D'où le type n° 6, en tout semblable au précédent, à l'exception de la forme du tuyau *B* qui se recourbe à quelques centimètres au dessus du fond de la chaudière, pour se redresser verticalement et déboucher dans la chambre de vapeur. Grâce à cette légère modification, l'épurateur-débourbeur devient, en outre, applicable aux générateurs à faible ébullition.

Type n° 7. — La dernière disposition à laquelle l'inventeur s'est arrêté (voir même planche) diffère quelque peu du modèle n° 5.

L'extrémité du tuyau *B* s'arrête entre le niveau moyen de l'eau et le point supérieur de la surface de chauffe, tandis que le récipient *F*, de plus grande capacité, renferme un tuyau *G* qui permet, par les manœuvres graduelles d'un obturateur, de régler la circulation du liquide dans l'appareil et d'obtenir ainsi la meilleure décantation possible dans chaque cas particulier. Enfin, un autre perfectionnement a été introduit pour obvier à certains mécomptes parfois rencontrés lors de la mise en marche de l'appareil immédiatement après son installation.

L'efficacité du débourbeur dépend naturellement de l'arrivée des boues jusqu'à l'embouchure du tuyau *A*.

Or, avec les procédés ordinaires d'alimentation, la constance du niveau de l'eau dans la chaudière est subordonnée à l'attention du chauffeur; d'autre part, l'entraînement des boues dans les parties supérieures de la chambre d'eau varie avec l'intensité de l'ébullition et, comme il est arrivé que les dépôts restaient dans le générateur malgré l'activité du courant établi dans l'appareil, une disposition fort simple permet de

faire varier, suivant les circonstances, la position de l'orifice du tuyau d'après la force d'entraînement des matières à expulser.

Les nombreuses transformations par lesquelles ce procédé a passé témoignent de la part de l'inventeur d'une ferme volonté de mettre en pratique le principe du thermo-siphon, connu depuis longtemps, mais dont on n'avait point su tirer jusqu'à présent un parti convenable pour la despumation du liquide des chaudières.

Les pertes d'eau pendant l'évacuation des dépôts recueillis par l'épurateur sont pour ainsi dire nulles, alors que les appareils purgeurs ordinaires automatiques n'extraient que les boues accumulées dans le voisinage du trou de vidange et souvent au prix de déperditions considérables d'eau chaude.

L'activité du courant qui s'établit dans le système Dervaux, comme dans tout autre procédé basé sur le même principe, est due à la différence des températures et par suite des densités du liquide dans les tuyaux *A* et *B*. On a, dès lors, songé à reprocher à ces appareils la perte de chaleur résultant du passage continuel de l'eau de la chaudière dans le débourbeur et vice-versa.

Je n'ai pas l'intention d'entrer dans des calculs et des considérations théoriques pour évaluer la véritable déperdition de chaleur : la constatation du rapport entre les quantités de charbon consommées et les poids de vapeur produits avant et après l'application de l'épurateur résoudrait la question d'une façon plus péremptoire. Malheureusement, je n'ai pu me procurer jusqu'ici que des données incomplètes d'expériences. Dans tous les établissements où j'ai vu fonctionner l'appareil, la qualité des charbons brûlés, comme le travail des machines réclamé par les besoins du service étaient trop variables d'une époque à l'autre, pour me

permettre d'obtenir des éléments d'appréciation suffisamment rigoureux.

Mais, il est un fait pratique plus décisif que les meilleurs calculs : on n'a pas oublié les effets de l'incrustation des générateurs sur la vaporisation et l'on sait tous qu'au bout d'un certain laps de temps, qui varie avec le type de la chaudière et la nature des eaux d'alimentation, le chauffeur ne peut plus arriver à « faire ses vapeurs », malgré l'activité toujours croissante du foyer. C'est là le véritable critérium de l'influence des dépôts; c'est aussi l'indication de la limite extrême de bon fonctionnement qui exige la mise hors feu et le nettoyage à fond du générateur. Or, il est prouvé qu'avec ce système de débourbage, la production de vapeur est à peu près aussi facile après plusieurs mois de marche que dans les premiers jours qui suivent le nettoyage des tôles.

Comment admettre, d'ailleurs, qu'aucun des industriels qui ont adopté ce moyen d'épuration ne se soit aperçu de ce prétendu surcroît de consommation de combustible et que nombre d'entre eux se montrent, après plusieurs années d'essai, assez bénévoles pour installer de nouveaux appareils sur d'autres groupes de chaudières ?

C'est apparemment qu'ils comptent pour beaucoup la possibilité de marcher à peu près sans interruption avec tous leurs générateurs, de réduire le nombre des chaudières de rechange et d'éviter ces fréquents nettoyages qui occasionnent des frais de main-d'œuvre élevés, détériorent le métal des parois, causent à la longue la dislocation des maçonneries par les inégalités de températures dans le massif et produisent, en fin de compte, une perte de chaleur très appréciable. De plus, en vertu du principe même de l'appareil, le moindre abaissement de température dans l'un des tuyaux met

la masse liquide en mouvement; si donc cette déperdition de calorique par rayonnement était aussi considérable que d'aucuns l'ont pensé, l'inventeur n'aurait pas été conduit à provoquer, par de l'eau froide, la différence de température nécessaire dans les colonnes ascendante et descendante. Car il ne faut pas perdre de vue qu'ici le refroidissement indispensable à la circulation du liquide provient moins de la perte de chaleur par rayonnement de l'appareil, que de l'abaissement de température dû à l'introduction continue dans le débourbeur d'une certaine quantité d'eau d'alimentation, que, grâce à cette disposition ingénieuse, les derniers types ont pu recevoir des proportions réduites telles que toute la surface exposée à l'air extérieur, tuyaux compris, n'atteint pas un mètre carré et demi, qu'un bon enduit calorifuge pourrait au besoin supprimer presque tout rayonnement et qu'enfin, la majeure partie de la chaleur abandonnée par le liquide à sa sortie de la chaudière est récupérée par l'eau d'alimentation, qui s'échauffe d'autant avant son entrée dans le générateur.

En résumé, le principal grief adressé au système n'est justifié, ni par l'expérience, ni par le raisonnement, tandis que la pratique a établi qu'avec des eaux limoneuses ou très calcareuses les chaudières ne contiennent plus de boues et fort peu d'incrustation, que l'emploi de la soude pour combattre l'action des sels de chaux et des graisses ne donne plus d'entraînements que dans des cas exceptionnels, que l'adhérence du tartre contre les tôles rencontre un obstacle sérieux dans la vitesse du courant continu et que les incrustations les plus anciennes finissent par se détacher facilement.

Si je suis entré dans des détails, trop longs peut-être, sur ce procédé de débourbage, c'est que les moyens

d'épuration vraiment efficaces et pratiques sont encore fort rares et que j'ai la conviction que le système Dervaux est appelé à rendre des services à l'industrie, tant au point de vue économique que sous le rapport de la sécurité publique, cette dernière circonstance pouvant seule suffire à faire recommander un procédé quelconque.

Systèmes Perkins et Field. — Bien que la circulation de l'eau et des matières solides ne se produise point en dehors du générateur, je fais néanmoins entrer dans la même catégorie les procédés Perkins, Field et autres qui suivent, comme tendant à provoquer un mouvement, toujours dans le même sens, du liquide chargé de dépôts qu'il s'agit de ramener en des points de la chaudière faciles à nettoyer.

La disposition Perkins consiste, comme l'on sait, en une série de tubes verticaux, ouverts à leur extrémité supérieure fixée à une plaque tubulaire horizontale et fermés à l'autre bout qui vient plonger dans les flammes du foyer. Chaque tube en renferme un autre ouvert aux deux extrémités, dont l'une descend près du fond du gros tube, et l'autre, armée d'un petit entonnoir appelé déflecteur comme dans l'appareil Field, s'élève quelque peu au dessus du niveau de la plaque tubulaire.

La dilatation inégale de l'eau, plus chauffée sur les bords qu'au centre du gros tube, engendre dans ce dernier un courant ascensionnel et dans le petit tube un courant descendant; ces mouvements combinés donnent lieu à l'expulsion des dépôts qui vont s'accumuler sur la plaque tubulaire.

Le déflecteur Field a pour but de faciliter le courant, mais cette complication ne paraît pas suffisamment compensée par l'efficacité de cet ajutage.

Ces systèmes ont pour avantage d'activer la vapori-

sation et de lutter constamment, par une énergique circulation de l'eau, contre l'adhérence des concrétions calcaires à l'intérieur des tubes; mais, en définitive, les dépôts restent dans la chaudière, une partie même, résistant à la force du courant, s'attache au fond des tubes qui se brûlent, les masses de boues rejetées sur la plaque vont s'entasser précisément sur l'un des points les plus faibles qu'il conviendrait au contraire de conserver en parfait état de propreté ; enfin, les nettoyages exigent la mise hors feu et le vidage du générateur.

Je me dispenserai de décrire les nombreuses dispositions analogues qui reposent sur le même principe, ne diffèrent entre elles que par des questions de détails, suppriment un inconvénient pour en créer un autre, jouissent d'une certaine vogue au début ou dans des circonstances spéciales et sont délaissées petit à petit, pour être bientôt abandonnées définitivement par la pratique.

Système Schmitz. — Comme dans le procédé ci-dessus, M. Schmitz s'est attaché à donner au courant une direction constante et une activité suffisante pour concentrer le dépôt des boues en des points déterminés ; seulement, au lieu de laisser celles-ci s'accumuler sur les tôles, il les recueille dans une sorte de bac qui s'enlève facilement après arrêt de la chaudière.

Ce bac, de forme hémicylindrique, se compose d'une série de tôles simplement assemblées par recouvrement et disposées dans la chambre d'eau ainsi que sur le fond des tubes bouilleurs, de manière à ménager en dessous un espace semi-annulaire, dont la section transversale décroît d'une paroi à l'autre.

L'eau, soumise à une température plus élevée dans la partie la plus étroite, y prend un mouvement ascensionnel qui donne naissance à un courant circulaire rasant les parois mouillées de la chaudière et descendant de la grande vers la petite section du couloir.

Les boues, constamment ramenées vers la surface de l'eau, retombent par leur propre poids dans le bac qui règne à peu près sur toute la longueur de la chaudière et s'oppose ainsi au séjour plus ou moins prolongé des dépôts sur les tôles directement exposées à l'action des flammes.

Ce système simple, peu coûteux et d'un emploi facile, diminue en effet la quantité d'incrustation ; toutefois, au bout de quelque temps, des obstructions partielles ralentissent la marche du courant dans le double fond ; les dépôts, arrêtés dans leur marche, s'accumulent sur les tôles de foyer et comme il n'est possible de juger du degré de fonctionnement que lors des chômages ou lorsqu'il est trop tard, cette disposition n'est pas sans offrir certain danger.

Anti-incrustateur de Popper. — Cet appareil ne diffère essentiellement du précédent que par l'addition d'une série de tubes verticaux de $0^{m},13$ de diamètre, ouverts aux deux bouts et fixés de distance en distance sur le fond du bac, ainsi que par l'introduction dans celui-ci de cailloux logés dans des sacs métalliques, auxquels l'inventeur a donné une forme particulière pour la facilité d'extraction. Les tubes verticaux qui, de même que les bords du bac, ne dépassent pas le niveau le plus bas que l'eau peut atteindre sans danger, favorisent le retour du liquide et produisent des courants plus énergiques que l'appareil de M. Schmitz.

Des expériences ont démontré que les tôles restent dépourvues d'incrustations et que tous les dépôts, concrétionnés et autres, se retrouvent autour des tubes, dans les sacs et au fond du décanteur.

Système Smith et Seward. — Ici aucune disposition spéciale en vue d'activer la circulation de l'eau.

MM. Smith et Seward mettent uniquement à profit la tendance des matières solides à gagner la surface du liquide par l'effet de l'ébullition.

L'appareil, faisant office de barrage, se compose d'une succession de lames, disposées en plan incliné au niveau de l'eau et surmontant une caisse en forme d'entonnoir, qui se termine par un tube traversant la chambre d'eau pour aller déboucher sous la chaudière.

Les écumes et autres substances, arrêtées dans leur course par les barreaux, tombent au fond de la trémie que l'on vide de temps en temps sous pression par l'ouverture d'un simple robinet.

Ce moyen, quoique bien imparfait, produit d'assez bons résultats avec des eaux qui donnent beaucoup de boues et d'écumes ; il a, de plus, l'avantage de ne pas exiger l'arrêt du générateur pour la vidange des dépôts. Mais avec des eaux séléniteuses, les tôles continuent à se couvrir de concrétions, les barreaux s'incrustent eux-mêmes et l'appareil ne tarde pas à réclamer des nettoyages à fond qui enlèvent à cette disposition son principal mérite.

Procédé Anthony Scott. — Plus rudimentaire que le précédent, le débourbeur Scott consiste en un simple bac en bois ou en étain, évasé vers le fond, suspendu dans la partie supérieure de la chambre d'eau et recueillant tant bien que mal les dépôts que l'ébullition met en mouvement.

Ce bassin est retiré lors du nettoyage de la chaudière ou bien vidé pendant la marche, à l'aide d'un tube muni d'un robinet purgeur.

CHAPITRE II

DÉSINCRUSTANTS

Il faut comprendre sous cette désignation toute matière propre à prévenir l'adhérence du dépôt dans les chaudières, soit par interposition entre le métal et les concrétions calcaires, soit par modification de la nature des sels incrustants.

Ces corps peuvent être ou appliqués directement sur la paroi métallique sous forme d'enduit, ou simplement mêlés à l'eau contenue dans le générateur.

Je vais passer en revue l'un et l'autre de ces procédés, avec les subdivisions qu'ils comportent et terminerai ce chapitre par la nomenclature de nombreuses mixtions reléguées sous la rubrique : *Recettes*.

I. — *Interposants appliqués sur les tôles.*

Diverses substances sont recommandées pour servir d'interposants fixes ; ce sont, en général, des matières pouvant former un enduit plus ou moins adhérent qui s'applique sur la face interne de la tôle et d'autres fois des corps bons conducteurs du calorique déposés sur les parois de la chaudière.

Goudron. — Je citerai d'abord le goudron dont on badigeonne à chaud l'intérieur de la chaudière en une couche mince, qu'il faut laisser durcir pendant quelque temps avant l'introduction de l'eau d'alimentation. Ce travail, fait lentement et avec le plus grand soin, doit toujours être précédé d'un nettoyage à fond des tôles. Trop épais, le goudron coule dans les parties inférieures de la chambre d'eau, se mélange avec les boues

et peut donner lieu à des amas compacts qui exposent la chaudière à se brûler. On conseille son emploi lorsqu'il se produit dans le métal des cavités isolées, telles que celles dues à des eaux chargées de chlorures ; il convient toutefois d'en faire usage avec beaucoup de circonspection et de proscrire complètement le goudronnage si l'attaque du fer devenait trop énergique.

De l'oxyde de fer se rencontre parfois sous la couche de goudron, mais sa présence est probablement le résultat d'une corrosion antérieure au badigeonnage et une preuve de la négligence apportée dans le nettoyage préalable. Il faut avoir soin de se servir de goudrons purs et se mettre en garde contre certaines falsifications qui introduisent des substances nuisibles, sinon dangereuses.

Huile ou graisse d'asphalte. — La graisse d'asphalte ne s'étend convenablement que sur la tôle légèrement chauffée ; à part cet inconvénient sans importance, son usage peut donner de bons résultats, moyennant les quelques précautions recommandées pour l'application des enduits.

On prétend même que ce corps enlève les incrustations anciennes de faible épaisseur, qui se divisent en petits fragments et se détachent d'elles-mêmes sous la double action de la chaleur et du mouvement de l'eau en ébullition.

Avec les eaux fortement chargées de chaux, il y a souvent entraînement par la vapeur d'une matière blanchâtre, qui attaque le fer et dont M. Dollfus prévient l'enlèvement par l'addition dans l'eau d'une faible quantité de *terre glaise.*

La proportion de graisse d'asphalte à employer entre deux nettoyages consécutifs est de 225 grammes par force de cheval.

Résidu de pétrole. — On reproche justement au gou-

dron, vu sa viscosité, les difficultés de son application.

Etendu en couche trop épaisse, il facilite les coups de feu; en excès, il est entraîné jusque dans les organes principaux de la machine et son badigeonnage à chaud donne lieu à un dégagement de vapeurs fort incommodes, voire même dangereuses.

Le résidu de pétrole est d'un usage moins compliqué; plus liquide, il s'étale aisément en couche mince et présente moins d'inconvénients s'il s'en échappe avec la vapeur.

Malheureusement, il expose la vie des ouvriers par la production, dans les circonstances ordinaires du travail, de vapeurs qui constituent au contact de l'air un mélange détonant, éminemment dangereux avec les lampes à flamme découverte.

Métalline de Sibbald. — Sous le nom de *métalline*, M. Sibbald a composé un mélange de suif, de poussière de charbon et de plombagine en poudre, en proportions à peu près égales, le tout dilué dans de l'huile ou du goudron pour servir d'enduit.

Appliquée sur la tôle nue, elle adhère fortement; étendue sur les incrustations anciennes elle finit, au bout de quelque temps, par détacher la croûte sous forme de petites plaques entraînées avec les boues.

Le badigeonnage se répète tous les quinze jours alors que les parois sont encore chaudes.

Les matières charbonneuses y contenues sont sujettes à entraînement et l'introduction de corps gras dans le générateur peut exercer les effets nuisibles que nous connaissons.

Citons également, comme mémoire, le mélange de savon mou, de graphite, de farine de lin et de goudron de houille que M. Ashworth a composé pour le vernissage de l'intérieur des chaudières.

Je signalerai enfin *l'enduit chimique anti-calcaire*

Pouplier comme étant employé entre autres dans divers établissements très importants de la province de Liège, mais dont j'avoue ne pas connaître la composition exacte. Les deux couches dont il faut couvrir les tôles préalablement bien nettoyées absorbent environ un kilogramme d'enduit par mètre de surface. Je conseille, d'une manière générale, de n'employer ces spécifiques qu'après en avoir fait faire l'analyse, afin d'être édifié sur les garanties qu'ils peuvent présenter au sujet de leur innocuité sur le métal des parois enduites.

Si les procédés de vernissage des tôles offrent, en principe, l'avantage d'être applicables aux eaux d'alimentation les plus mauvaises, ils ont le défaut commun d'introduire dans la chaudière des corps souvent accompagnés de substances qui nuisent à la conservation du métal, d'exiger l'arrêt fréquent et assez prolongé du générateur et de ne fournir de bons résultats qu'entre les mains d'ouvriers intelligents et consciencieux.

Appareil Arnould. — Au lieu d'interposer des corps plus ou moins visqueux entre la tôle et les dépôts, M. Arnould a songé à disposer, contre les parties en contact avec l'eau, des toiles métalliques destinées à recevoir les sédiments à mesure de leur formation.

Des robinets de vidange sont adaptés à la chaudière pour évacuer sous pression les boues ainsi recueillies.

Ce palliatif exigerait une grande consommation de toiles métalliques, absolument hors de service après incrustation et pourrait provoquer la brûlure des parois, en s'opposant bientôt au contact direct de l'eau avec le métal.

Son efficacité me paraît au surplus fort problématique.

II. — *Substances introduites dans la chaudière.*

J'aborde un sujet qui a peut-être le plus exercé le génie plus ou moins inventif de personnes à la recherche d'une panacée qui prévienne l'incrustation des générateurs et surtout... rapporte de l'argent à l'inventeur. Les matières les plus disparates, souvent même les plus nuisibles, sont habilement dissimulées dans des corps inertes ou par des substances colorantes ; le tout reçoit une épithète ronflante et se débite comme *désincrustant*, à des prix hors de proportion avec les éléments qui le constituent.

Cette *industrie* devient d'autant plus lucrative qu'il se rencontre encore trop souvent des gens crédules, qui ne cherchent pas plus à se rendre compte de la nature ni des propriétés des matières renfermées dans la mixtion, qu'ils n'ont mis d'empressement à connaître la composition des eaux dont ils disposent pour l'alimentation de leurs chaudières, et s'il était permis de plaisanter sur un sujet aussi grave dans ses conséquences, on pourrait dire, avec le *Charlatan*, d'un grand nombre de ces spécifiques, aux vertus tant vantées :

C'est le roi des antidotes,
Par un prodige nouveau
Il sert à cirer les bottes
Et même à blanchir la peau.
. . . .

Que de fois, dans mes visites habituelles d'appareils à vapeur, ai-je eu affaire à des personnes qui me présentaient, dans une précieuse dame-jeanne, un brouet mystérieux, sur la composition duquel la plupart m'avouaient leur complète ignorance, mais qu'elles introduisaient religieusement dans leur chaudière, conformément aux instructions d'une étiquette collée sur la bouteille !

Plusieurs n'avaient qu'une médiocre confiance dans les qualités de la drogue, mais ajoutaient de bonne foi cette phrase banale, en manière de conclusion : « Si cela ne fait pas de bien, *cela ne fera pas de mal.* »

D'autres voyaient les tôles rester propres et se vantaient de se trouver bien en forçant la dose.

J'eus la curiosité de me rendre compte de la composition de quelques-uns de ces « anti-incrustateurs » et j'y ai découvert des acides énergiques en forte proportion, ou des substances dont la décomposition communique à l'eau des propriétés corrosives.

Il y a même là un danger social que je dois signaler en passant. Alors que l'attention de la surveillance administrative se porte surtout sur la nature des eaux d'alimentation, sur le fonctionnement des appareils de sûreté, etc., certains propriétaires font entrer dans leurs générateurs, sans se douter du péril, un agent rongeur plus nuisible au métal que les eaux les plus mauvaises. L'action funeste de celles-ci peut être, en effet, contrebalancée jusqu'à un certain point par une visite fréquente des tôles et un nettoyage soigné, tandis que le décapage à outrance, causé par certains désincrustants, inspire une sécurité trompeuse qui peut avoir les plus graves conséquences.

Il est donc indispensable, pour parer à un tel état de choses, que le personnel administratif, chargé de la police des appareils à vapeur, ait bien soin, à chaque visite, de se renseigner sur les procédés de désincrustation mis en œuvre et de faire proscrire absolument l'emploi de tout spécifique dont la composition n'est pas bien connue.

On peut dire que tout a été introduit dans les générateurs pour tâcher de combattre l'adhérence des dépôts ; la quantité innombrable de matières soi-disant désincrustantes que l'on préconise n'est certainement qu'une minime partie de celles soumises à l'essai.

Il semble peut-être oiseux de faire l'énumération de tous les anti-incrustateurs dont on s'est servi et qu'on emploie encore aujourd'hui avec un succès plus que douteux. Tel n'est pas mon avis. Il faut éviter que le poison se mêle à l'antidote et il y aurait, à mon sens, négligence coupable à encourager par le silence le débit de certains produits qui ne profitent qu'à ceux qui les écoulent.

J'ajouterai également, à un autre point de vue, que ce genre d'industrie s'adresse même au public, pénètre dans les habitations et va chercher une certaine vogue auprès des ménagères, qui font inconsciemment usage d'acides dissimulés sous les noms les plus bizarres, pour « faire briller » leurs batteries de cuisine et s'étonnent après cela de voir leurs ustensiles promptement hors de service.

C'est contre une telle spéculation qu'il faut réagir, en instruisant les intéressés des dangers auxquels ils s'exposent, en acceptant aveuglément tout ce qu'on leur sert en guise de panacée souveraine.

Tous les propriétaires d'appareils à vapeur ne sont pas nés ingénieurs et beaucoup m'ont su gré de leur avoir ouvert les yeux à temps. Comme c'est à ceux-ci principalement que ce travail s'adresse, j'aurai la patience de discuter l'action salutaire ou nuisible des substances qui, seules ou en mélange, sont utilisées pour conserver aux tôles la propreté nécessaire au bon fonctionnement des générateurs. Ils auront soin d'écarter tout désincrustant s'ils n'en connaissent tous les éléments constituants et, mis en garde contre les inconvénients de l'un ou de l'autre des agents préconisés, ils sauront faire un choix judicieux et raisonné des anti-incrustateurs propres à chaque cas spécial.

Ces matières peuvent se diviser en trois et même en quatre catégories, suivant qu'elles exercent une action

chimique, électrique, mécanique ou chimique et mécanique tout à la fois; mais cette classification n'a rien d'absolu, la cause des effets obtenus étant parfois complexe, multiple et mal définie.

a. — *Action chimique.*

Sels de soude. — Le *carbonate de soude* est utilisé avec plus ou moins de succès contre les corps gras, le chlorure de magnésie et les sels de chaux à l'état de sulfate, de carbonate ou de chlorure. Il permet de précipiter rapidement les sels contenus dans l'eau, sous forme de carbonates amorphes, peu adhérents et de prévenir ainsi la cristallisation lente qui s'opère au fur et à mesure de la vaporisation, en donnant naissance aux dépôts incrustants.

La double décomposition avec le sulfate calcique produit du sulfate de soude soluble et du carbonate de chaux qui se déposent dans la chaudière à l'état de boues.

La proportion du réactif dépend nécessairement de la quantité de sulfate contenue dans l'eau. Il en faut 78 p. °/₀ en poids pour décomposer tout le sulfate de chaux anhydre et un peu moins de 62 p. °/₀ pour la séparation complète du sulfate hydraté.

Si l'on fait usage de soude à 90 degrés, la proportion doit s'élever à 86 p. °/₀ et pour une eau de dureté moyenne, M. Bischof indique le poids de 9 gr. 25 par litre (Knapp).

Le carbonate de soude, en présence du chlorure calcique, donne un précipité de carbonate de chaux, avec formation de chlorure sodique qui reste en dissolution.

La réaction, beaucoup moins simple, qui se passe dans une eau chargée de bicarbonate de chaux, a été

expliquée par M. Kuhlmann, l'un des promoteurs de l'emploi des carbonates alcalins pour l'épuration des eaux calcaires. Il se formerait d'abord du sesquicarbonate de soude, par l'enlèvement au bicarbonate de chaux d'une partie de son acide carbonique, d'où la précipitation d'une quantité correspondante de carbonate de chaux; puis du bicarbonate de soude, lequel, peu stable, reformerait du sesquicarbonate par le dégagement à son tour d'une partie de son acide carbonique.

Si donc l'eau ne renferme que du carbonate de chaux, ces réactions successives produiraient, d'une manière continue, la séparation du sel de chaux par la décomposition et la recomposition du bicarbonate de soude.

Quelqu'ingénieuse que soit cette explication, elle n'est point satisfaisante dans tous les cas ; les phénomènes ne se passent pas invariablement de cette façon, à cause de la diversité des sels renfermés dans l'eau, et rien d'étonnant, dès lors, que cette méthode d'épuration ne soit pas toujours couronnée d'un plein succès. Ce chimiste conseille d'ajouter chaque mois $0^{k},600$ à $0^{k},900$ de carbonate de soude dans une chaudière produisant 300 kilogrammes de vapeur par jour.

On a vu, dans une autre partie de cette étude, les dangers qui peuvent résulter de la présence, dans l'eau d'alimentation, du chlorure de magnésium et des corps gras. Le carbonate de soude neutralise les effets de l'un et provoque la saponification des autres.

La *soude caustique*, tout en diminuant l'activité des réactions, serait d'un emploi assez coûteux.

Le même reproche s'adresse à l'*hyposulfite de soude*.

Les dépôts, dus à l'usage de *cristaux de soude*, acquièrent parfois une grande dureté qui en rend l'extraction plus difficile.

M. Bander fait un mélange de *thiosulfate de soude* et de *glycérine* délayés dans de l'eau de pluie, qui rend le sulfate de chaux plus soluble, tout en donnant avec les carbonates et les phosphates un précipité qui, combiné avec la glycérine, constitue un dépôt gélatineux, non adhérent.

Dans le même ordre d'idées, on recommande l'utilisation des eaux-mères chargées du *résinate de soude* qui sert au collage du papier. Ce composé de résine, de bicarbonate de soude et de principes tinctoriaux, précipite la chaux en produisant avec les acides des sels sodiques solubles. Versé dans le générateur en quantité naturellement variable avec la composition des eaux, ce sous-produit des papeteries constitue, paraît-il, l'un des meilleurs désincrustants.

Nous trouverons, au surplus, au chapitre des recettes, un grand nombre de spécifiques dans lesquels les sels de soude entrent comme principal agent de réactions.

L'emploi des sels alcalins n'est pas sans présenter certains inconvénients. Ils font mousser l'eau qui, entraînée par la vapeur, fait primer les machines; les fuites de chaudière sont facilitées par une eau fortement alcaline, et j'ai rappelé l'action corrosive sur le fer d'un mélange de carbonate sodique et de sel marin, action plus d'une fois constatée dans les générateurs alimentés avec les eaux extraites de certaines exploitations minérales.

D'autre part, le mode d'alimentation avec de telles eaux est très important. Ainsi, l'on observe que les dépôts concrétionnés sont fréquents et abondants lorsque l'eau est introduite dans les régions les plus froides de la chaudière, tandis que si l'arrivée du liquide, comme le fait remarquer M. Vinçotte, a lieu dans les points les plus chauffés, l'ébullition précipite rapidement les carbonates de chaux et de magnésie et les tôles demeurent dépourvues d'incrustations.

Enfin, la pratique a démontré que, pour éviter les entraînements, l'emploi de la soude doit être combiné avec un système de débourbage et cet ingénieur recommande, dans ce but, l'application simultanée de l'appareil Dervaux ou bien l'addition de cachou à la soude.

Sels de potasse. — Les sels de potasse donneraient des réactions analogues à celles des précédents.

L'emploi de *l'acétate de potassium,* conseillé par M. Johnson, produirait, avec un léger excès d'acide, de l'acétate de chaux et du sulfate de potasse, dissolvant ainsi à chaud les incrustations dues au sulfate calcique.

Les sels de potasse sont utilisés surtout en mélange avec d'autres corps et se retrouvent dans la composition de plusieurs désincrustants.

Sels de baryte. — Les sels de baryum soumis aux essais sont notamment : la baryte, le chlorure et le carbonate barytique. Dans les procédés d'épuration préalable, j'ai donné les réactions obtenues avec ces agents trop coûteux, nuisibles et même dangereux. Leur application a été successivement abandonnée à peu près partout et je n'y reviendrai plus.

Sels de magnésie. — Employé à la dose de 10 p. °/o du poids des concrétions retirées de la chaudière, le *talc* jouirait de la propriété, d'après MM. Vigier et Arragon, de prévenir l'adhérence des dépôts, tout en provoquant le détachement des incrustations anciennes.

Ce sel a eu quelque succès sur le chemin de fer de Lyon à la Méditerranée ; mais je connais des cas où il a produit, au contraire, des incrustations compactes et fort dures.

Sels d'ammoniaque. — Depuis très longtemps M. Ritterbrandt a préconisé l'usage du chlorhydrate, du nitrate ou de l'acétate ammonique, dont les acides forment des sels solubles avec la chaux. Les quantités

qu'il indique, pour 100 parties de carbonate de chaux contenues dans l'eau, sont :

108 parties de chlorhydrate,
160 id. d'azotate,
266 id. d'acétate,

avec préférence accordée au *chlorhydrate* comme étant d'un prix moins élevé. On peut même, à l'aide de ce sel, dissoudre les incrustations anciennes, mais à la condition de *doubler*, et même de *tripler*, la proportion ci-dessus spécifiée, et encore M. Ritterbrandt prévoit l'inefficacité du remède dans certains cas. Il introduit alors « une fois par semaine, dans l'eau de la chaudière ou dans celle d'alimentation, de *l'acide chlorhydrique* ou de *l'acide nitrique* dans la proportion d'un litre pour 400 à 500 litres d'eau, ou de *l'acide acétique* dans celle de 4 à 5 litres, ou, enfin, du *vinaigre* ordinaire dans le rapport de 9 litres, pour la même proportion d'eau » (*Bulletin du Musée de l'industrie*).

Ce serait, disons-le, une chère salade dont l'assaisonnement a le mérite de n'être point déguisé, à l'instar de tant d'autres spécifiques, mais pourrait donner au métal une propreté peu compatible avec la conservation des parois du générateur.

Le sel ammoniac, en présence du carbonate de chaux, provoque une double décomposition : le carbonate ammonique formé se volatilise et l'eau retient le chlorure de chaux en dissolution. Avec le sulfate de chaux, l'effet semble plutôt physique que chimique, par la production du sulfate ammonique beaucoup plus soluble que le sel dont on veut détruire les résultats nuisibles. La solubilité des produits de la double décomposition, en augmentant la densité du liquide, exercerait ainsi, en même temps, une action mécanique sur la tendance des dépôts à s'attacher aux parois du générateur.

Un grand nombre d'essais ont été faits, principalement en Angleterre et en Hollande, où le procédé a joui d'une certaine vogue, surtout au début. Je n'entrerai point dans le détail de toutes ces expériences, dont le succès me paraît quelque peu entaché d'exagération; je ferai cependant une exception pour l'essai qui a eu lieu à Bruges, il y a quelques années, par les soins de M. Vinçotte et qui m'inspire une plus grande confiance.

Un poids de 37^{k},250 de muriate d'ammoniaque ayant été introduit, par additions successives pendant près d'un mois, dans une chaudière qui, d'un côté renfermait 13^{k},900 d'incrustations anciennes et, de l'autre, a reçu pendant la durée de l'expérience 21^{k},600 de calcaire amené par l'eau d'alimentation, *tous* les sels de chaux furent retrouvés en dissolution dans le générateur. Mais si la corrosion des tôles remarquée après l'épreuve était peu profonde, n'est-il pas à craindre qu'elle s'accentue rapidement par l'usage régulier de ce réactif?

Abstraction même du prix relativement élevé du sel ammoniac, ne perdons pas de vue, comme je l'ai dit déjà, que tout procédé qui fait intervenir des chlorures, dont l'acide est souvent mis en liberté, doit être accueilli avec la plus grande réserve et que si le métal de certaines chaudières a résisté à l'action de cet agent, il est arrivé plus d'une fois qu'entraînée par la vapeur, une partie de ce sel allait exercer ses effets destructifs dans le cylindre de la machine.

L'oxalate ammonique provoquerait la séparation de la chaux sous forme d'une masse sédimentaire non adhérente ; mais on aura soin d'éviter l'emploi de ce sel dans les générateurs en cuivre qu'il attaquerait rapidement.

Alun. — Je ne cite l'alun que comme mémoire,

attendu que je me suis déjà élevé ailleurs contre l'usage de toute matière susceptible de communiquer à l'eau des propriétés corrosives, dès l'instant où les proportions introduites ne sont pas dans un rapport rigoureusement exact avec la quantité des sels contenus dans l'eau d'alimentation.

On a cherché à mitiger son action nuisible, tout en augmentant son efficacité contre l'adhérence des corps incrustants, par l'emploi simultané de la soude.

Il se forme dans ce cas du sulfate de soude, produit en pure perte et au détriment des réactifs, et de l'alumine dont la masse gélatineuse enveloppe les sédiments.

Acide oxalique. — Le sel d'oseille et les oxalates alcalins seront rejetés pour les motifs donnés précédemment.

L'acide oxalique, d'un emploi dangereux, est inefficace, voire même nuisible, dans les eaux séléniteuses et trop coûteux pour des eaux fortement chargées de carbonate de chaux.

Acide muriatique. — Cet acide, qui décompose les carbonates en donnant des chlorures solubles avec dégagement d'acide carbonique, doit être proscrit d'une façon à peu près absolue. Le procédé de M. d'Arcet peut présenter des inconvénients sérieux entre des mains inexpérimentées.

On sait qu'il faut un poids d'acide chlorhydrique à 22 degrés, un peu supérieur au double de celui du carbonate calcique pur, pour provoquer la dissolution complète de ce sel.

Glycérine. — Si je fais rentrer la glycérine dans les agents chimiques, c'est à raison même des réactions qu'on lui a attribuées, bien à tort toutefois, comme l'a démontré M. Belleroche par des essais faits sur les chemins de fer du Grand Central Belge avec la *glycérine Asselin.*

On obtenait, en effet, la dissolution du calcin et l'agglomération des dépôts, mais l'analyse fit découvrir que ce résultat était dû à la présence du chlorure de chaux.

Pour répondre au reproche de l'acidité de son spécifique, l'inventeur revint avec une *glycérine spéciale* qui, soumise également à l'épreuve, n'attaquait plus le métal cette fois; seulement... il n'y avait plus de trace de glycérine, mais de la mélasse et du chlorure de baryum, dont l'innocuité sur les tôles paraîtra également digne de remarque, si l'on se reporte aux cas cités dans le chapitre de l'épuration préalable.

Ajoutons, pour l'édification des personnes qui seraient tentées d'accorder aux désincrustants des qualités en rapport avec leur prix, que la *glycérine préparée*, vendue par M. Asselin fr. 1-25 le kilogramme, reviendrait chez les fabricants de matières premières à fr. 0-17 ; hâtons-nous de conclure que la glycérine ne sert le plus souvent qu'à déguiser des corrosifs et, qu'employé à l'état de pureté absolue, ce corps n'a donné aucun résultat sérieux, mais constitue un produit dont la manipulation peut offrir certain danger.

Chlorure de zinc. — Ce sel, introduit dans la chaudière à la dose de $1^k,2$ à $1^k,3$ par vingt-quatre heures et par mètre cube d'eau moyennement calcaire, donne lieu, en présence des carbonates, à des chlorures qui restent en dissolution dans la masse liquide.

L'adhérence du calcin contre les parois métalliques étant due à un commencement d'oxydation de la tôle, on a songé naturellement à utiliser les agents réducteurs, pour empêcher l'oxydation du fer au détriment de celle du zinc, par exemple, qui décompose beaucoup plus rapidement l'eau soumise à une température élevée. Je reviendrai sur ce procédé, lorsqu'il sera question du zinc comme agent de désincrustation.

Protochlorure d'étain. — L'emploi de ce corps a été aussi conseillé dans le temps par M. Delandre, pour obtenir la dissolution des composés de chaux, de magnésie, etc., en donnant deux sels, l'un basique et insoluble, l'autre acide et soluble.

Acide lactique. — Abandonnant la chimie inorganique qu'il trouve impuissante à atteindre le but poursuivi, M. Edm. Richard a recours à un agent de la chimie organique, dont le prix élevé n'est malheureusement pas de nature à rendre le procédé industriel.

Employé à la proportion du double du poids des sels terreux contenus dans l'eau d'alimentation, l'acide lactique, par la production de lactates solubles de chaux et de magnésie, réussit assez bien avec les carbonates, mais semble n'exercer qu'une action mécanique sur les sulfates, réduits toutefois à l'état de dépôt facile à extraire.

A dose plus forte, il dissout les anciennes incrustations ; toutefois, un excès peut communiquer à l'eau une acidité toujours défavorable à la conservation des tôles.

Ce moyen, et tous ceux qui reposent sur le même principe de la décomposition des sels terreux en matières solubles, ont le défaut d'augmenter sensiblement la densité de la masse liquide, de reculer ainsi son point d'ébullition et d'exiger des évacuations plus ou moins fréquentes.

b. — *Action électrique.*

L'électricité, cette force de l'avenir, exerce sur les dépôts de chaudières une action dont on a donné des explications généralement peu satisfaisantes et qui mériterait d'attirer l'attention des ingénieurs électriciens. Je mentionnerai les appareils qui ont obtenu le

plus de succès, après avoir passé quelque temps au creuset de la pratique industrielle.

Anti-incrustateur magnétique Baker. — Cet appareil, d'origine américaine, a joui un instant d'une très grande vogue, tant par la cause un peu mystérieuse de ses effets que par les résultats vraiment remarquables fournis au début de son application.

Il consiste essentiellement en une étoile fixée horizontalement par un isolateur dans la chambre de vapeur ou mieux dans le dôme de la chaudière, et mise en communication électrique par un fort fil de cuivre, avec une partie non mouillée des parois du générateur.

Dès les premiers temps de l'installation, l'action est assez énergique pour détacher les anciennes incrustations, qui tombent au fond de la chaudière à l'état de boues, et pour conserver ensuite aux parois une grande propreté ou détruire tout au moins l'adhérence dès concrétions sur le métal.

Il faut, pour le fonctionnement de l'anti-incrustateur, que la chaudière soit bien isolée, que les assemblages des tôles, joints de tuyaux, etc., forment un contact *immédiat*, c'est-à-dire sans interposition de substances peu conductrices de l'électricité, que les isolateurs supportant disque et fil soient en parfait état, que l'étoile soit composée d'un métal inaltérable ne présentant aucune solution de continuité dans ses parties constituantes, que les pointes restent propres et toujours bien décapées, etc., toutes conditions qu'il n'est pas facile de réunir et surtout de rendre durables dans les circonstances ordinaires du travail des générateurs.

Il a été démontré, par les essais de MM. Kitson, qu'il y a dans ce cas production d'un courant électrique très sensible au galvanomètre et d'une intensité qui augmente avec la température de l'eau et le degré de

siccité de la vapeur; ce dernier point serait en contradiction avec les expériences de Faraday, lesquelles ont démontré « qu'il ne se dégage pas d'électricité par le passage de la vapeur sèche » (*Traité de physique*, par Ganot, 9e édition, p. 570).

On a donné du phénomène de la désincrustation par un courant galvanique de nombreuses explications, dont aucune ne satisfait complètement. Celle fournie par M. Sabine paraît la plus plausible.

En s'échappant, la vapeur charge d'électricité l'étoile, le fil conducteur et la paroi de la chaudière, tandis que, d'après les expériences d'Armstrong et de Faraday, la vapeur elle-même, et probablement l'eau, prennent l'électricité contraire à celle du générateur et les particules solides contenues dans le liquide se chargent d'électricité de même nom, chaque fois qu'elles arrivent en contact avec la tôle qui les repousse constamment.

L'effet de l'électricité est ainsi opposé à celui que produit l'oxydation du métal, puisque le courant s'oppose à l'adhérence contre la tôle des dépôts continuellement rejetés au sein du liquide.

Dans le détachement des incrustations anciennes, son rôle ne serait toutefois qu'indirect, en facilitant à travers la couche incrustante l'infiltration de l'eau qui, parvenue à son tour en contact avec la tôle fortement chauffée, se vaporiserait rapidement et ferait éclater les concrétions calcaires.

Quelle que soit l'explication du phénomène, la pratique a prouvé que l'appareil Baker, bien installé et soigneusement entretenu, donne des effets énergiques, vraiment intéressants.

Mais à la longue, cet *anti-incrustateur* s'incruste lui-même et perd tout ou partie de son efficacité.

La disposition, telle qu'elle a été appliquée dans ces

derniers temps, est le résultat d'une série de transformations successives dans l'emplacement, la forme, la construction et la composition de la *batterie.*

Au début, le disque était en bronze, armé de petites pointes d'acier aimanté qui se trouvaient disposées radialement, dans un même plan ; ces tiges finissaient par se couvrir de rouille et de concrétions, les pointes s'émoussaient et la communication électrique de toutes ces parties assemblées cessait au bout de quelque temps. Les aiguilles furent alors inclinées vers le bas et recouvertes d'une mince couche d'or ou d'argent ; puis, finalement, dans le but d'obvier une bonne fois aux inconvénients de l'oxydation et d'un contact imparfait, l'inventeur fit fabriquer sa batterie d'une seule pièce de platine, les pointes dirigées en bas.

Dans les premières années d'application industrielle de cet appareil, la Société des mines de plomb et de pyrite de Vedrin (Namur), entre autres, installa trois de ces appareils sur les chaudières de son puits Saint-Marc. J'extrais à ce sujet, des rapports administratifs de M. l'ingénieur principal des mines Berchem, les principaux renseignements suivants : L'anti-incrustateur Baker a donné de bons résultats au début ; après un fonctionnement de *trente* jours, la tôle n'était plus recouverte que d'une mince pellicule de matière minérale fort peu adhérente, tandis qu'avant, pour la même durée, il se formait une croûte épaisse qui réclamait pour son enlèvement l'aide du marteau et du burin. Un an plus tard, la société faisait néanmoins démonter ces appareils comme ne produisant plus aucun effet. Il importe de dire qu'il s'agissait ici du système primitif dans lequel l'étoile, une fois oxydée, se recouvrait rapidement d'incrustations.

Appareil Tracey-Parry. — Ce désincrustateur, un peu plus ancien que le précédent et d'invention égale-

ment américaine, ne semble pas avoir eu autant de vogue, quoiqu'ayant fourni, paraît-il, des résultats satisfaisants.

Cet appareil, peu différent du reste, est formé de deux étoiles, qui se trouvent placées aux extrémités d'un long tube en cuivre maintenu dans la chambre de vapeur au moyen d'isolateurs et en communication électrique, par un fil de cuivre, avec la partie supérieure de la chaudière.

Quoi qu'il en soit des difficultés de leur application pratique, ces appareils sont certainement encore susceptibles de perfectionnements et les effets obtenus, s'ils sont peu durables, n'en sont pas moins réels et très énergiques, tant que subsistent les conditions indispensables au fonctionnement de tout système électrique.

Il est un point sur lequel je crois devoir appeler l'attention des inventeurs et qui pourrait expliquer, selon moi, la véritable cause de l'insuccès final de ces désincrustateurs.

Au début de chaque expérience, l'eau introduite dans la chaudière est relativement pure ; mais elle se charge insensiblement de matières grasses, parfois d'acides, et arrive à un état de concentration que des vidanges trop peu fréquentes ne préviennent pas toujours suffisamment. Or, de nombreuses expériences de Faraday ont fait connaître que tout dégagement d'électricité cesse dès l'instant où l'on introduit dans l'eau du générateur un corps gras, un acide ou une dissolution saline quelconque. L'action de l'appareil serait, dès lors, paralysée quel que soit l'état d'entretien des parties constituantes.

Il n'y aurait de remède et suivant les circonstances que dans les évacuations successives de liquide pour empêcher la concentration ou dans l'application d'un

procédé de débourbage continu, qui expulserait les corps introduits accidentellement aussi bien que les parcelles de concrétions détachées par l'anti-incrustateur et maintenues en suspension dans l'eau par la violence de l'ébullition.

D'autre part, ne faudrait-il pas rapporter les phénomènes observés à la même cause que celle qui entretient en état de propreté les rails sur lesquels a lieu le passage régulier des trains, alors que les voies de garage par exemple s'oxydent après quelques heures de repos ?

L'appareil ayant ainsi pour effet de s'opposer à l'oxydation des tôles, partant à l'adhérence des dépôts, il ne serait plus nécessaire de faire intervenir, comme dans l'explication de M. Sabine, ces mouvements continuels de répulsion des particules solides au contact de la tôle électrisée.

A ce propos, je signalerai de même l'adhérence persistante, que j'ai constatée depuis plusieurs années, entre les éclisses et le rail après enlèvement des boulons d'attache.

Il serait intéressant de rechercher s'il n'y a pas production, dans le premier cas, d'un courant électrique, et, dans le second, d'un courant induit sous l'influence du magnétisme terrestre (1).

Appareil Field. — M. Field est parvenu à des résultats tout aussi remarquables par la production d'un courant électrique qui lutte sans cesse contre la tendance des sels précipités à se déposer sur les tôles.

(1) Ces lignes étaient écrites, lorsque je lus dans l'*Electricien* une description des expériences faites sur les rails du Chemin de fer de Marseille à Rognac par un professeur de la Faculté des sciences de Marseille, d'après lequel « la production du magnétisme dans les rails en service s'explique par le frottement qui résulte du roulement des wagons sur la voie. »

On sait également que dans certaine direction du rail, le phénomène a lieu sans l'intervention d'aucun passage de train.

Un cône, immergé d'une dizaine de centimètres dans l'eau du générateur, est suspendu librement à une tige métallique qui traverse la chambre de vapeur, pour venir, à l'extérieur de la chaudière, passer entre deux isolateurs formant mâchoires.

Les deux pôles d'un ou de plusieurs éléments de pile électrique étant mis en communication, l'un avec l'extrémité supérieure de la tige, l'autre avec les parois du générateur, on peut augmenter à volonté l'énergie du courant et obtenir des effets plus durables qu'avec les systèmes précédents.

De nombreux essais ont démontré, paraît-il, l'efficacité de l'appareil Field, tant sous le rapport du détachement des incrustations anciennes qu'au point de vue de l'adhérence de nouveaux dépôts ; quant à moi, je n'en ai vu nulle part d'application.

Désincrustation par le zinc. — L'emploi du zinc à l'intérieur des chaudières remonte à une trentaine d'années ; mais déjà dès le commencement de ce siècle ce métal était utilisé pour protéger le cuivre et le fer contre l'action corrosive de l'eau de mer.

Pour combattre l'oxydation des tôles, et par suite l'adhérence du tartre contre les parois du générateur, on a songé à tirer parti de ce fait expérimental bien connu, que le zinc et le fer se trouvant en présence dans l'eau soumise à une température de 100 degrés, le premier ne tarde pas à s'oxyder alors que l'autre ne subit aucune altération.

Vers le milieu de ce siècle, on vit apparaître plusieurs systèmes de désincrustation fondés sur le même principe et notamment le *procédé magnétique* du docteur Barington, qui soudait aux parois de la chambre d'eau une feuille de zinc recouvrant environ la quinzième partie de la surface de chauffe.

Reprenant cette idée une vingtaine d'années plus

tard, M. Lesueur introduisait dans la chaudière, par mois et par cheval, 70 grammes de zinc en rognures qui suffisaient pour détacher complètement les incrustations.

De son côté, M. Krug plaçait dans un générateur à deux corps cylindriques superposés un certain nombre de barreaux de zinc fondu, disposés en travers, à $0^m,20$ au dessus du fond et s'appliquant exactement sur les parois au moyen de cales en zinc laminé. Au bout de sept semaines, le zinc du corps inférieur avait entièrement disparu et celui de la chaudière supérieure, ayant fléchi sur le fond, ne formait plus qu'une masse terreuse presqu'exclusivement composée d'oxyde de zinc. La partie inférieure de ces bouilleurs contenait un abondant dépôt de boues et les parois, précédemment recouvertes d'une croûte de 3 à 4 millimètres d'épaisseur, ne présentaient plus aucune trace d'incrustation. La consommation totale de zinc s'est élevée à $46^k,500$.

Peu de temps après, M. Brossard s'est livré à des essais du même genre et les résultats obtenus l'ont amené à des conclusions beaucoup moins absolues. Il conseille, suivant le degré hydrométrique de l'eau et pour des eaux chargées de carbonate de chaux, seul cas d'application selon lui, de $0^k,700$ à 1 kilogramme de zinc en lingot par cheval-vapeur pour une durée de 3 à 4 mois, faisant observer toutefois que si les eaux incrustantes laissent encore sur les tôles un dépôt cohérent et pierreux, celui-ci se détache aisément sans le secours d'outils spéciaux.

Dans ces dernières années, la commission de l'amirauté anglaise a procédé à des expériences d'où il résulte, d'après une note insérée dans l'*Engineering*, que la surface de tôle protégée est 45 à 50 fois celle du zinc employé. Deux chaudières d'un navire, dont

l'une renfermait du zinc, furent soumises à un essai comparatif pendant plus d'une année; toutes deux étaient également incrustées; mais seule la croûte du générateur privé de zinc adhérait fortement à la tôle.

Dans le principe, on ne voyait dans l'action de ce métal qu'un simple effet mécanique; puis l'analyse ayant montré que le résidu se trouvait composé presqu'exclusivement d'oxyde de zinc, on crut y reconnaître un effet chimique, sans pouvoir donner une explication satisfaisante des résultats produits par quelques morceaux de zinc sur une grande surface de la tôle.

Aujourd'hui on admet assez généralement que le phénomène observé est dû à une action électrique, sous l'influence de laquelle l'oxygène de l'eau décomposée se porte sur le zinc pour former l'oxyde zincique trouvé sur place ou dans les boues de la chaudière, tandis que l'hydrogène, mis en liberté, se dégage d'une façon continue contre les parois du générateur et détruit, par interposition constante, l'adhérence rendue d'ailleurs déjà plus difficile par la propriété du zinc de s'opposer à l'oxydation du fer.

On n'est pas cependant d'accord sur le degré d'efficacité obtenu avec les diverses eaux d'alimentation. Les uns prétendent que la qualité des eaux n'exerce aucune influence sur le résultat; d'autres, ayant constaté la formation de croûtes fort adhérentes contenant du sulfate de chaux, ne trouvent le procédé applicable que pour des eaux chargées de carbonate calcique. Enfin, se basant sur ce fait que l'action du métal ne peut se prolonger que pour autant que l'oxyde de zinc soit enlevé au fur et à mesure de sa production, certains ingénieurs trouvent, au contraire, que le zinc ne peut agir convenablement qu'avec l'eau de mer ou avec

des eaux renfermant des sulfates et des chlorures, les acides sulfurique et chlorhydrique donnant, avec le métal, des sels solubles qui laissent le désincrustant toujours bien décapé pour réagir à nouveau, alors que dans l'eau douce l'oxyde, puis le carbonate de zinc formés, ne tardent pas à recouvrir la partie métallique dont l'effet se trouve ainsi neutralisé.

Le système serait donc efficace ou non, suivant que les corps contenus dans l'eau donnent avec le zinc des sels solubles ou insolubles ; en d'autres termes, l'action serait d'autant plus énergique que la nature de l'eau permet au métal de se dépouiller plus facilement de son oxyde.

Il faut obtenir un contact métallique parfait avec la tôle, n'employer que du zinc très pur, plutôt en lingot qu'en rognures, et avoir soin de tenir le métal éloigné de la région du foyer, car le zinc oxydé, vu sa pesanteur spécifique, reste sur place et expose à des coups de feu ; de plus, si les eaux sont acides, la consommation de zinc devient considérable et le dégagement abondant d'hydrogène peut former un mélange détonant ou tout au moins provoquer des entraînements.

En résumé, le succès dans l'emploi du zinc comme désincrustant dépendra de la nature de l'eau, de l'état de pureté comme des bonnes proportions du métal introduit dans la chaudière, et la pratique n'a pas encore établi suffisamment l'efficacité d'un système assez coûteux, qui réclame certaines précautions et n'est pas toujours exempt de danger.

c. — *Action mécanique.*

Les corps dont l'énumération suit, entraînés par le mouvement de l'eau dans la chaudière, n'exercent qu'une action mécanique pour la plupart, soit par frottement, soit par simple interposition.

Pommes de terre, farine de lin, son, amidon, etc. — Ces substances entourent les molécules du dépôt d'une enveloppe gélatineuse qui en empêche le durcissement et l'adhérence.

Des essais avec la pomme de terre, dans la proportion d'un litre par cheval et par mois, ont fourni de bons résultats ; généralement on adopte le rapport d'un cinquantième du poids d'eau à vaporiser et, dans tous les cas, il faut éviter soigneusement un excès toujours nuisible. L'emploi des pommes de terre n'est pas sans inconvénient : il donne des amas de boues qui exigent de fréquentes vidanges ou exposent à des coups de feu, reste sans effet sur les incrustations anciennes, et communique à l'eau une viscosité qui favorise l'entraînement et fait primer les machines.

Une instruction ministérielle, qui accompagne l'arrêté royal du 21 avril 1864 concernant la police des machines à vapeur en Belgique, conseille l'usage de ce tubercule en mélange avec d'autres matières dans des proportions indiquées par M. Chandelon, comme on le verra au chapitre des recettes.

Employé à la dose de 300 grammes par cheval et par mois, le son a produit de bons effets également ; mais tous les sons, paraît-il, ne peuvent convenir. Ainsi, d'après M. Gilbert, celui qui provient du seigle provoque l'encrassement des générateurs dont le nettoyage devient difficile, tandis que le son de froment, que ce fabricant introduisait dans le rapport de 600 grammes par mètre cube d'eau consommée, s'est opposé aux fuites et lui a permis de marcher avec ses chaudières pendant trois mois consécutifs. D'autre part, la calcination des dépôts, dus à l'usage des sons gras, peut occasionner la brûlure des tôles.

Cassonade, mélasse, glucose, chicorée en poudre. — Ces matières ne doivent être employées qu'avec la plus

grande circonspection, pour des raisons qui seront examinées plus loin.

Drêche, moût de bière, betterave. — Comme les précédentes, ces substances pourraient à la rigueur rentrer dans la dernière catégorie.

Les effets constatés paraissent dus en partie aux principes sacchariféres, qui jouissent de la propriété d'augmenter la solubilité des sels de chaux, et surtout au mouvement de ces corps solides qui, soulevés par l'ébullition, frappent constamment les parois de la chaudière et s'opposent ainsi au dépôt des incrustations.

Graisses, huiles, suif, stéarine, huile de baleine. — Nous connaissons déjà les effets multiples de la présence de ces matières dans les générateurs de vapeur. Si à la vérité les corps gras, par leur interposition entre le métal et les concrétions calcaires, donnent des résultats favorables dans des circonstances déterminées, leur emploi peu judicieux expose à des désagréments, voire même à des dangers sérieux et je dirai, en général, qu'il n'est pas rationnel d'introduire directement dans une chaudière des corps dont on s'applique à éloigner la présence dans l'eau d'alimentation.

Cendres de bois. — Ces cendres empruntent sans doute une partie de leur action aux sels alcalins qu'elles renferment. Une trop forte proportion rend l'eau mousseuse et sujette à entraînements.

Poussières de houille, coke, verre pilé, limaille de fer, rognures de fer blanc ou de tôle, petits cailloux, etc. — L'effet mécanique de tous ces corps durs s'explique aisément. Le moyen est simple, peu coûteux et d'une application générale ; mais ce grattage continuel des parois cause l'usure rapide du métal et les particules ténues et anguleuses, emportées par la vapeur, favorisent le grippement des surfaces frottantes du moteur.

Ce dernier inconvénient doit faire rejeter surtout le verre pilé, comme d'ailleurs tous les corps durs réduits à un état de grande division.

Graphite. — La plombagine a été mélangée avec d'autres substances pour former un spécifique connu sous le nom de *métalline*, dont la composition est donnée dans les recettes.

Poix, glu, gomme, substances résineuses. — Ces matières agissent comme interposants et parviennent à combattre l'adhérence des dépôts avec plus ou moins de succès.

Pétrole. — On a vu que le résidu de pétrole peut être employé avantageusement comme désincrustant, sous forme d'enduit appliqué sur les tôles de la chaudière préalablement bien nettoyées.

L'usage des hydrocarbures liquides, et plus spécialement du pétrole raffiné que l'on verse directement dans le générateur, a un double but : détacher les incrustations anciennes et empêcher l'adhérence des nouveaux dépôts. L'unique précaution à prendre et, pour la première fois seulement, consiste à introduire le liquide dans la chaudière vidée et suffisamment refroidie, de manière à couvrir le fond sur toute sa surface, si possible.

Au fur et à mesure de l'arrivée de l'eau d'alimentation, l'huile s'élève dans la chambre d'eau dont elle enduit graduellement les parois ; une partie pénètre le tartre ancien qui se fendille et se détache sous l'action de la chaleur et l'autre partie, restée en suspension dans la masse liquide en mouvement, vient alors en contact avec le métal mis à nu et s'opposant ainsi à l'adhérence des formations nouvelles qui sont réduites à l'état de boues et qu'il convient d'extraire fréquemment au moyen d'un purgeur.

L'action, qui est purement mécanique, s'exerce par-

fois avec une énergie suffisante pour rouvrir des fuites accidentellement obstruées par la couche d'incrustation.

Il s'agit ici, bien entendu, de pétrole pur et non de certains pétroles du commerce, qui renferment des huiles végétales ou animales pouvant provoquer les désordres que nous connaissons.

Coaltar et goudrons en général. — M. Pistre conseille de verser dans la chaudière, par mois et par mètre cube d'eau, un 1/2 kilogramme de goudron de houille pour des eaux ordinaires et 2 kilogrammes pour l'eau de mer. Ces proportions doivent nécessairement varier avec la composition de l'eau, mais il est facile de rechercher par tâtonnements la dose qui convient le mieux à chaque cas particulier.

Versé dans l'eau bouillante du générateur, le goudron se dépouille de ses principes volatils et ne tarde pas, sous l'effet des courants, à tapisser les parois d'une mince couche protectrice.

Le bas prix de la matière rend le procédé économique. Les sédiments agglutinés par la substance goudronneuse ne pouvant séjourner sur le fond de la chaudière sans quelque danger, on évitera l'emploi d'un excès de goudron tout en opérant fréquemment la vidange des dépôts.

Ici s'applique également la remarque faite au sujet de la pureté du pétrole.

Argile, terre à foulon, savon minéral. — L'action mécanique de ces corps détruit l'adhérence des dépôts qui tendent à gagner les parties basses de la chaudière, pour former un amas de boues dont on doit chercher à prévenir le repos. Dans ce but, l'introduction dans le générateur se fera par petites quantités successives et non en une masse qui pourrait, avant de se délayer, provoquer la surchauffe des tôles. Il convient, à chaque

chômage, de faire subir à la chaudière un lavage complet et, pendant les arrêts ordinaires, de mettre constamment les boues en mouvement, à l'aide d'une disposition quelconque analogue à l'agitateur de M. Deschamps.

La quantité de ces matières à employer varie de 2 à 4 kilogrammes par semaine et par cheval-vapeur.

La terre doit être pure et surtout débarrassée de sable, dont l'enlèvement par la vapeur exposerait à une usure rapide les principaux organes de la machine.

On se sert avec succès du silicate d'alumine, *savon minéral*, qui, à une grande pureté, joint la remarquable propriété de produire une grande division de la masse des dépôts. Ceux-ci restent à l'état pulvérulent et présentent moins de danger qu'avec l'argile ordinaire.

La glaise, mélangée avec d'autres corps, constitue un désincrustant que nous retrouverons plus loin.

Tous ces moyens entraînent à peu de frais et se trouvent à la portée de tous; mais ils augmentent notablement l'impureté de l'eau, nuisent à la conductibilité de la chaleur, exposent à des coups de feu, encrassent les appareils de sûreté des chaudières, exercent une action plus ou moins préjudiciable sur les robinets, tiroirs et cylindres des machines à vapeur et réclament, de la part des chauffeurs, de l'habileté, des soins attentifs et une certaine dose d'intelligence que l'on ne rencontre pas toujours dans cette catégorie de travailleurs.

d. — *Actions chimique et mécanique tout à la fois.*

Sous cette rubrique sont compris les corps qui agissent plus ou moins sur les sels contenus dans l'eau, tout en s'opposant par eux-mêmes à l'adhérence des dépôts formés.

Sucre, mélasse, etc. — On a essayé, comme désin-

crustants, l'emploi des substances saccharifères pour provoquer la dissolution des sels de chaux.

6 kilogrammes de mélasse ont empêché, pendant six mois, la production d'incrustations dans une chaudière d'une machine de 8 chevaux.

M. Saillant ayant introduit, chaque semaine, un litre et demi de mélasse dans un petit générateur préalablement vidé chaque fois et dont les tôles étaient recouvertes au début d'une couche de tartre de $0^m,020$ d'épaisseur, constata, après un mois de marche, que la couche de concrétions était réduite en moyenne à la moitié de son épaisseur et que même en certains points la tôle se trouvait entièrement désincrustée.

Mais la mélasse, à moins d'être versée dans la chaudière fréquemment et en petite quantité à la fois, peut donner lieu à des entraînements d'eau, à l'encrassement des appareils de sûreté, voire même au grippement des surfaces métalliques du moteur.

Voici, au surplus, les principales conclusions auxquelles M. Vinçotte est arrivé, après inspection minutieuse de plusieurs chaudières de sucrerie :

« 1° Dans les chaudières, le sucre se décompose et donne lieu à des acides organiques et à d'autres produits qui tiennent le carbonate et le sulfate de chaux et même l'alumine en dissolution. Ce sucre finit aussi par donner une poudre brune inflammable, qui ne se redissout plus et qui est composée en partie d'acide ulmique ;

« 2° La quantité de sels calcaires qui peut être ainsi tenue en solution est énorme. Dans l'un des cas constatés, elle correspond à une évaporation de soixante-quatre fois la quantité d'eau contenue dans la chaudière ;

« 3° Lorsque la quantité d'eau que l'on évapore ne dépasse pas ce que le sucre peut tenir en solution, on

ne trouve dans la chaudière que la poudre brune signalée plus haut; si l'on continue à travailler, les incrustations commencent à se former;

« 4° Les produits de la décomposition du sucre attaquent le fer, dont on trouve une assez notable quantité dans les dépôts de la chaudière, bien qu'il n'ait pas été constaté que cette action aboutisse à une détérioration bien importante;

« 5° Malgré que les eaux (considérées) soient si fortement chargées, elles ne donnent cependant pas lieu à des entraînements d'eau par la vapeur;

« 6° Il n'est pas impossible que la nature de cette eau ait eu une influence prépondérante dans les cas de surchauffe des tôles qui se sont produits à ces chaudières. S'il était établi que la mélasse n'y est pour rien, elle constituerait un désincrustant complet, à la condition de vider les chaudières avant que la concentration n'y soit trop forte. »

Il convient donc de n'user des matières sucrées qu'avec la plus grande réserve, de suivre avec beaucoup d'attention les premiers effets obtenus et d'en proscrire complètement l'emploi si, malgré les précautions prises, on constate l'un ou l'autre des inconvénients signalés précédemment.

Sirop de fécule de pommes de terre, sirop de grains. — Ces substances agissent à la fois comme agents chimiques par la dissolution des sels dominants de chaux et comme interposants par leur viscosité naturelle.

D'après M. Lodin, la fécule de pommes de terre n'exerce aucune action réductrice, mais sa présence dans le générateur peut donner lieu à un produit noirâtre contenant une certaine proportion de fer. Son peu d'adhérence contre le métal facilite le détachement des incrustations.

Bois de chêne, en sciure, copeaux, écorce ou tan. — Le tannin forme un tannate de chaux basique, insoluble et

non adhérent, qui reste en suspension dans l'eau, tandis que la matière ligneuse produit un effet mécanique par son frottement continuel contre les parois de la chaudière.

Toutefois, les sulfates résistent à la décomposition, l'acide tannique en liberté attaque le fer, et le bois, débité en morceaux ou réduit en poudre, peut être entraîné par la vapeur et causer des désordres dans divers organes de la machine.

L'usage de l'essence de chêne comme désincrustant est connu depuis de nombreuses années ; ainsi, dès 1846, M. Heusinger en préconisait l'emploi pour la désincrustation des locomotives. Pour une machine en marche pendant six jours consécutifs, il introduisait dans l'eau du tender, le dernier jour au matin du service de la locomotive, 12 hectolitres d'une décoction renfermant en poids 5 p. °/₀ de tan, préalablement soumise à l'ébullition par injection de vapeur et filtrée après refroidissement. Il parvenait ainsi à combattre les incrustations anciennes et récentes, dont les unes étaient dissoutes et les autres, se fendillant, finissaient par se détacher pour gagner le fond de la chaudière.

On recommande d'opérer avec soin la vidange des boues déposées après quelques heures de marche et d'effectuer un lavage complet des parois à chaque chômage de la machine.

Les sciures de bois présentent parfois l'inconvénient de s'attacher aux tôles de foyer qui se brûlent en peu de temps.

Noix de galle, cachou, déchets de peaux et de cuir. — Ces matières donnent lieu à des effets analogues à ceux du bois de chêne.

M. Vinçotte a constaté que dans une chaudière qui avait reçu, pendant un mois effectif de marche, 12 1/2 kilogrammes de carbonate de soude à 53 degrés

et 12 kilogrammes de cachou, la soude avait ramené l'eau à un très faible degré hydrotimétrique, ***sans occasionner aucun entraînement*** et il n'est pas douteux, bien que le mode d'action du cachou n'ait pu être nettement défini, que ce corps ait une tendance à prévenir les enlèvements d'eau. Vu la forte proportion d'acide tannique qu'il renferme, il faut l'employer à faible dose; ainsi, l'on obtient de bons résultats avec 80 à 100 grammes de cachou par mètre cube d'eau évaporée. Un 1/2 kilogramme de cachou ***brun***, par force de cheval, est suffisant tous les mois. M. W. Newton conseille d'introduire au début dans la chaudière $2^{gr.}$,25 de cachou par cheval-vapeur, puis chaque jour une proportion de cette matière suffisante pour communiquer à l'eau une teinte rougeâtre. Ce procédé a de plus le mérite du bon marché, le cachou ne coûtant que fr. 0-25 le kilogramme.

On s'est également bien trouvé de l'emploi de déchets de cuir, préalablement lavés à l'eau acidulée et introduits dans le générateur à la proportion de 1/2 kilogramme par force de cheval et par mois.

Bois de teinture : bois d'acajou et de campêche, orseille, etc. — Le rôle des substances tinctoriales dans la désincrustation des chaudières ne paraît pas encore bien connu. Selon les uns, l'effet purement physique consisterait à s'opposer à l'adhérence par la carbonisation, au contact du métal chauffé, des corps organiques introduits par les matières colorantes et qui se mêlent intimement au dépôt pulvérulent que donnent les eaux fortement chargées. D'autres leur attribuent plutôt une action chimique sur les sels de chaux, analogue à celle des corps précédents.

Il est probable qu'elles agissent à la fois physiquement et chimiquement. On constate, en effet que, d'un côté, les sels de chaux sont précipités en partie et que,

de l'autre, le bois de campêche ou mieux son extrait recouvre les parois, en peu d'instants, d'une mince couche qui s'interpose ainsi entre le métal et les concrétions calcaires. M. Lodin a même trouvé une quantité très sensible de fer dans la matière, d'un violet foncé, qui reste en suspension dans l'eau.

L'instruction ministérielle qui accompagne le règlement belge sur la police des machines à vapeur recommande le bois de campêche comme *très efficace*, à la condition d'introduire chaque jour la décoction à l'aide d'un double robinet à réservoir intermédiaire.

Le poids d'extrait solide qu'il convient d'ajouter successivement à l'eau d'alimentation est de 600 grammes environ par semaine et par cheval-vapeur. On donnera cependant la préférence aux extraits liquides, aux décoctions filtrées, qui exposent moins aux conséquences de l'entraînement que les matières tinctoriales solides.

Ce procédé donne point ou peu de résultat avec l'eau de mer ainsi qu'avec certaines eaux souterraines et la vapeur, sensiblement colorée, communique une teinte violacée à diverses pièces du moteur.

Résines. — M. Balin a obtenu de bons effets de désincrustation par l'emploi des substances résineuses, qu'il ajoutait à l'eau de la bâche d'alimentation ou introduisait dans la chaudière à chaque chômage, dans la proportion de 800 grammes par mois et par force de cheval.

Dextrine. — La dextrine provenant du traitement de l'amidon par l'acide sulfurique et connue sous le nom de *lithophage*, exerce une action destructive du tartre; mais ce produit n'est pas suffisamment industriel pour vulgariser l'emploi de ce désincrustant.

Enfin le *goudron de soude*, obtenu par le mélange du pétrole raffiné avec du carbonate sodique et de la

soude caustique, agit à la fois mécaniquement et chimiquement pour combattre l'incrustation des chaudières.

CHAPITRE III

RECETTES

Sous cette désignation, je comprends tous les spécifiques dans lesquels entre en composition un plus ou moins grand nombre des corps que j'ai passés en revue et auxquels, pris isolément, on attribue des propriétés désincrustantes.

Cette nomenclature, dont une partie est extraite de l'excellent travail sur l'incrustation des chaudières par MM. Brüll et Langlois, jointe à la critique précédente des effets de chaque corps en particulier, permettra aux intéressés de faire un choix judicieux des meilleures recettes, ou de composer eux-mêmes des désincrustants, moins coûteux et mieux appropriés à la nature de leurs eaux d'alimentation.

Mis en garde contre les dangers de certaines substances, éclairés sur les combinaisons qui se forment entre les divers corps amalgamés et introduits dans la chaudière, les propriétaires d'appareils à vapeur éviteront soigneusement l'emploi de spécifiques, dont les divers éléments peuvent se neutraliser, ou mettre en liberté des acides nuisibles à la conservation des tôles ou, ainsi que le fait observer Knapp, dans son *Traité de chimie technologique*, « laissent en fin de compte plus d'impuretés dans la chaudière qu'ils ne lui en enlèvent ».

Brevet Defis.

Sel de soude en cristaux à 40 degrés . . .	30 kil.
Potasse à 40 degrés.	20 »
Plombagine	10 »
Résine noire	10 »
Cendres de sarment de vigne.	30 »
Cendres de pin	10 »
Cendres de bois de noyer	30 »
Suie.	5 »
Graine de lin.	10 »
Fleur de soufre	2 »
Tannin.	39 »
Suif.	10 »
Ammoniaque à mettre seulement deux heures avant la vidange de la chaudière	2 lit.

Autre recette renfermant douze ingrédients qu'il suffit de citer :

Potasse, bicarbonate de soude, soude cristallisée, alun, bois fustique, curcuma, cachou, gomme-gutte, gomme arabique, sucre, mélasse et dextrine.

Brevet Courtin et Colin.

Sel de soude.	30 p. %
Cristaux de soude	24 »
Ecorce de bois de chêne	24 »
Cendres de sarment ou de bois.	15 »
Farine de graine de lin	4 »
Plombagine	1 »
Suif	2 »

Autre spécifique.

Glaise	$6_k.0$
Pommes de terre	4.5
Son.	1.5
Sirop de fécule à 33 degrés	1 5
Sucre brut sec	1.0
Extrait de bois colorant	0 1

Modification du précédent pour eaux séléniteuses. — Dose : 3k.5 *par mois et par mètre cube d'eau vaporisée.*

Rognures métalliques	20k.0
Carbonate de soude. . . . , ...	3.0
Carbonate potassique	3.5
Glaise	6.0
Son	1.5
Sirop de fécule	1 5
Extrait de bois colorant	0.1

BREVET DE VILLADE.

Sel neutre : hydrochlorate d'ammoniaque . .	65 gr.
Id. sous-carbonate de soude . . .	15 »
Mousse de Corse (principe salin et ioduré . .	2 »
Lichen d'Islande (principe mucilagineux) . .	20 »
Gomme adragante	3 »
Huile d'aspic (extrait de lavande, principe désinfectant)	8 à 10 gttes
Eau	1 lit.

Spécifique Saillard. — 250 *grammes par cheval toutes les six semaines.*

Cachou	100 gr.
Sous-carbonate de potasse.	50 »
Sous-carbonate de soude	50 »
Résine commune. . , ...	10 »
Chaux	20 »
Eau	300 »

BREVET SCHREIBEL ET OFFERMAN.

Dose : de 150 *à* 200 *grammes par cheval et pour un ou deux mois, suivant la proportion de sulfate de chaux.*

Charbon de bois	1k.25
Charbon de terre pulvérisé	1.50
Rouge anglais	2.75
Acajou	1.06
Poix blanche, poix de tonnelier, résine ou poix de Bourgogne	92.50
Goudron de pin ou de sapin.	0.94

RECETTE WATTEEN.

pour eau riche en carbonate de chaux et chaudière de 10 chevaux.

Cristaux de soude	1k.803
Cachou	1.803
Dextrine	0.906
Potasse d'Amérique	0.453
Sucre de betterave	0.453
Alun	0.453
Gomme arabique	0.453

BREVET POTEZ.

Chlorure de baryum	50 kil.
Extrait sec de Campêche	25 »
Farine de seigle	15 »
Graisse épurée	5 »
Sable fin	5 »

Certificat d'addition.

Hydrate de baryte	75 kil.
Carbonate de baryte	25 »
Graisse	10 »

Boulettes Sægher. — 200 *grammes par cheval et pour huit jours.*

Cendres de bois	0k.5
Charbon de bois pulvérisé	1.5
Brai sec	3.0
Stéarine	5.0

BREVETS MOREL.

Dose : 30 *grammes par mètre cube d'eau et par mois.*

1° Garance en poudre	5 kil.
Mélasse de betterave	10 »
Eau de savon	10 »
Sous-carbonate de soude	85 »

2° Eau de savon	15 litres.
Cachou	15 kil.
Sous-carbonate de soude	15 »

BREVET RAFINESQUE.

Amidon ou dextrine.
Orseille ou campêche.
Sulfate de fer.
Acide chlorhydrique.
Eau.

Lithoréactif Weiss.

Dose : 560 grammes par mètre cube d'eau consommée.

Mélasse ou sirop de betterave	5 p. %
Lait de chaux (1 partie chaux vive sur 3 parties eau)	15 »
Lessive de soude à 34 degrés Beaumé . . .	80 »

Brevet Paquier.

Dose : 85 grammes par force de cheval et par quinzaine.

Carbonate de soude en poudre	50 gr.
Cendres de bois	20 »
Plombagine.	5 »
Chlorhydrate d'ammoniaque	10 »

Briquettes Picq.

Dextrine.
Carbonate et sulfate de soude.
Alumine.

Autre recette.

Dose : 170 grammes par cheval et par quinzaine.

Sang de boucherie	5k.0
Sel de soude (carbonate)	2.5
Fécule de pommes de terre	2 5

Brevet Duclos de Boussois.

Dose : 15 litres par mètre cube d'eau.

Chlorure de baryum.	125 kil.
Acide chlorhydrique	20 litres.
Eau	450 kil.

Décoction à chaud.

Bois de campêche	15 kil.
Orseille	15 »
Carbonate de soude	6 »
Eau	100 »

Procédé Bévenot.

Sel marin	8k.3
Sel de soude.	1.4
Extrait de tan sec.	0.3

BREVET CARTON-ERCKMANN.

Hydrate de fer.
Cire jaune.
Farine de lin.
Amidon pulvérisé.

BREVET BONNEVILLE.

Carbonate barytique.
Nitrate d'ammonium.
Chlorure sodique.
Charbon de bois.

BREVETS DENIS.

A. *Parasel, pour eau de mer. — Dose :* 100 *grammes par cheval et par jour.*

Chaux hydratée, séchée et tamisée	350 gr.
Alumine pure, précipitée par l'ammoniaque .	300 »
Axonge ou huile minérale et végétale . . .	100 »
Dextrine, fécule de pomme de terre torréfiée.	250 »

B. *Paratartre, pour eau douce. — Dose :* 500 *grammes par cheval et par mois.*

Soude ou potasse	350 gr.
Alumine pure.	300 »
Axonge.	100 »
Dextrine	250 »

Autre spécifique.

Poussier de charbon et cendres de bois, poix, résine et stéarine.

RECETTE DEFOSSE.

Sel marin	12k.000
Soude caustique	2.500
Potasse	0.500
Extrait d'écorce de chêne	0.125

BREVET BANDER.

Thiosulfate de soude, glycérine et eau de pluie.

Autre.

Carbonate de soude.	3k.0
Carbonate potassique	3.5
Chlorure de baryum	4.0

Du nettoyage des chaudières.

Avant de terminer cette étude, dont l'étendue trouve son excuse dans l'importance du sujet, je crois devoir dire quelques mots du nettoyage des générateurs de vapeur, parce qu'il m'a été donné de constater des abus qui peuvent avoir les plus graves conséquences.

Nous connaissons les avantages de la propreté des tôles : économie et sécurité. Or, quels que soient les procédés de désincrustation employés, quelque précaution que l'on prenne, les chaudières contiennent presque toujours, après un certain temps de marche, des quantités plus ou moins fortes de dépôts durs, adhérents au métal ou, tout au moins, des dépôts vaseux qui s'amassent dans les parties inférieures des appareils au repos.

Il faut donc périodiquement jeter les feux, vider les chaudières et procéder à l'enlèvement des boues et des incrustations.

Sans entrer dans le détail de toutes les dispositions de chaudières spécialement imaginées pour faciliter cette opération, disons qu'en général il convient, à ce point de vue, d'accorder la préférence aux systèmes qui donnent à l'homme accès en tous points ou dont les parties les plus exposées à s'encrasser peuvent être démontées facilement et rapidement.

Pour l'extraction des boues, l'emploi du balai et un lavage à grande eau suffisent parfaitement.

Leur expulsion du générateur peut également se faire sous pression ; mais il y a danger à vouloir gagner du temps. Si les maçonneries possèdent encore une température supérieure à celle de la vapeur en temps normal, les tôles, privées du contact de l'eau, se

surchauffent promptement et si de plus, comme il n'arrive que trop souvent, cette vidange est trop tôt suivie du lavage des parois à l'eau froide, les rivures sont sujettes à dislocation et des fuites ne tardent pas à se manifester lors de la remise à feu.

Bien que la chose soit évidente, j'ai observé que des accidents de ce genre ne sont pas rares; la véritable cause n'est même pas toujours soupçonnée par leurs auteurs et l'on ne peut se défendre d'une certaine émotion, en lisant dans le rapport de M. Vinçotte (année 1875), la description des ravages causés par cette imprudente manœuvre.

Un autre danger, signalé par M. Bour, pourrait encore résulter de cette pratique avec des eaux d'alimentation chargées de chlorure magnésique; ce sel, comme l'on sait, se décompose à une assez basse température et l'échauffement des tôles suffit pour donner lieu à un dégagement d'acide hydrochlorique, qui corrode rapidement le métal.

Si le nettoyage des boues, ordinairement très facile, ne réclame que des précautions toutes rudimentaires, il n'en est plus de même de l'enlèvement des incrustations qui semblent faire corps avec les parois de la chaudière.

On fait alors généralement usage de marteau à tranchant ou à pointe, de rivoir, de burin ou de poinçon, en ayant soin d'éviter l'emploi d'outils trop affûtés qui produisent une rugosité favorable à l'adhérence du calcin, amincissent la tôle à la longue et la perforent quelquefois.

Cette opération doit être suivie d'un balayage complet et d'un lavage soigné à l'aide d'une abondante injection d'eau claire : le défaut de ces dernières précautions a causé plus d'un accident peu de temps après la mise à feu de la chaudière battue.

Parfois, pour des incrustations moins adhérentes, comme celles dues au carbonate de chaux, on se contente de chauffer extérieurement les parois privées d'eau ou de brûler à l'intérieur de la chaudière des étoupes ou autres matières inflammables. La dessication du calcin, jointe aux différences de dilatation du métal et du dépôt, fait bientôt fendiller la croûte qui se détache d'elle-même ou s'enlève aisément par les moyens ordinaires.

Lorsque certaines parties fixes du générateur sont inaccessibles à l'ouvrier, on a recours soit à l'application de la chaleur, soit à l'emploi de tringles, de grattoirs, de pompe à injection d'eau pure ou légèrement acidulée, etc. On pourrait, par exemple, avec M. d'Arcet, faire usage d'eau additionnée d'acide muriatique, qui dissout le carbonate calcique dans la proportion de 46 grammes de sel pour 100 grammes d'acide. Mais, comme la dose à appliquer dépend nécessairement de la composition et du poids de la croûte, il faut procéder à des essais préalables sur échantillons, évaluer approximativement la quantité de dépôts, forcer la dose d'acide, puis se servir du marteau si l'incrustation contient du sulfate de chaux. C'est dire que ce procédé n'est point pratique entre les mains des chauffeurs ordinaires, et qu'employé inintelligemment, le remède deviendrait pire que le mal en exposant le générateur à une prompte détérioration.

Pour le nettoyage des réchauffeurs ou bouilleurs inaccessibles, il est fait usage, dans l'établissement de MM. Germain et C[e], à Malmerspach, d'un appareil qui a été décrit par M. Walther Meunier.

Un long burin recourbé, porté sur un petit truc à galets qui circule dans le sens de l'axe du tube, reçoit un mouvement de rotation à l'aide d'une tige, simple tuyau à gaz muni à son extrémité d'un manche en

croix. Des bouts de tuyau s'assemblent sur le premier au moyen de manchons au fur et à mesure de l'avancement du travail et il est possible, avec des burins de diverses courbures, d'atteindre ainsi toutes les parties de la tôle et d'en effectuer convenablement le nettoyage.

MM. Ducos et Jourdain ont fait connaître quelques dispositions pour détacher les incrustations dans les chaudières multitubulaires. L'ouvrier fait faire, sur le tube incrusté extérieurement, un tour complet à une chaîne connue sous le nom de *chaîne Joublin* et munie d'éperons, qu'il tire alternativement par les deux bouts de façon à la faire glisser tout le long du tube et parvient, en peu de temps, à détacher toute la couche d'incrustation. L'usure des tubes par le poids de ces chaînes trop lourdes justifie le remplacemenl de celles-ci par des courroies des systèmes Lambert ou Weyher et Ce, munies également de grattoirs et manœuvrées à l'aide de chaînettes à peu près de la même façon que les chaînes Joublin.

Mais l'application de ces moyens n'est pas toujours possible et l'on en est réduit parfois à démonter tous les tubes qui sont désincrustés de diverses manières. Dans ce cas, le tube est placé sur un tour qui lui imprime simultanément un mouvement très rapide de rotation et un mouvement assez lent de translation, en face d'une fraise demi-circulaire maintenue à frottement par un ressort.

On se sert plus communément de grands tambours tournant sur un axe horizontal et renfermant un certain nombre de tubes. Dans les uns, les tubes frottent librement l'un contre l'autre par l'effet du mouvement de rotation communiqué au cylindre; dans d'autres, ils sont assujettis dans le tambour qui contient de l'eau et du gros gravier ou des rognures métalliques, ou

reçoit simplement de l'eau envoyée sous pression par l'axe de rotation. L'introduction dans le liquide de corps durs et très divisés active et rend le nettoyage plus complet ; mais ce résultat s'obtient aux dépens de la conservation du tube dont la surface, dans les procédés par simple frottement, reste bien polie et partant moins favorable à l'adhérence des concrétions calcaires. Ces moyens permettent de décrasser jusqu'à dix tubes par heure.

Un autre système, au moins aussi rapide et fort simple, mais qui expose à l'usure du métal, consiste à verser de l'eau additionnée d'acide chlorhydrique dans un bassin en plomb, renfermant un certain nombre de tubes qui sont remués dans le liquide et rincés ensuite dans de l'eau claire.

Toutefois, la difficulté de déterminer avec précision la dose d'acide et les conséquences que peut avoir une mauvaise application de ce moyen, doivent lui faire préférer les procédés par tambours, chaînes ou courroies.

Enfin, on n'oubliera pas que la propreté des chaudières à l'extérieur est également d'une grande importance, surtout pour les générateurs chauffés par des combustibles maigres, pyriteux et humides ou par les flammes provenant soit des fours à puddler, soit du gueulard des hauts-fourneaux et l'on aura soin, tout en restant dans les conditions favorables à un tirage rationnel, de donner autant que possible aux carneaux des sections suffisantes pour en permettre l'accès facile à l'ouvrier.

Cette étude peut se résumer par quelques recommandations générales qui, pour paraître à peu près évidentes, n'en sont pas moins rarement observées.

Il faut, avant tout, s'attacher à la recherche d'une bonne eau d'alimentation, même au prix de quelque sacrifice et il est possible, dans bien des cas, de se soustraire à la nécessité de recourir à des procédés de désincrustation pour la plupart d'une efficacité incomplète. Si dès le début de l'installation de leurs générateurs, tous les propriétaires s'étaient représenté le danger que fait courir et les dépenses auxquelles entraîne l'emploi de mauvaises eaux, il n'est pas douteux que plusieurs se fussent épargnés bien des mécomptes, en profitant des circonstances locales mises à leur portée.

Une fois les conditions topographiques de la région reconnues comme ne permettant point de capter, sans trop de frais, un liquide moins chargé de sels incrustants que l'eau souterraine trouvée sur place, un essai hydrotimétrique de l'eau du puits ou mieux une analyse complète, qualitative et quantitative, devra toujours précéder le choix du type des chaudières à établir. En règle générale, le système à adopter sera d'autant plus simple que l'eau est moins pure, à moins que la disposition choisie, tout en rendant le nettoyage facile, donne naissance, dans la masse liquide, à des courants assez énergiques pour s'opposer à l'adhérence des dépôts.

Les modes d'épuration *avant* l'alimentation auront la préférence, les autres présentant le défaut de transformer le générateur en une véritable cornue de laboratoire et d'accroître, en fin de compte, l'impureté du liquide.

La distillation et l'emploi des eaux de condensation constituent des procédés recommandables, mais dont l'application n'est possible que dans des cas particuliers.

Si l'eau est simplement chargée de matières en sus-

pension, une décantation prolongée ou une filtration soit naturelle, soit artificielle, empêchera l'accumulation de ces masses de boues auxquelles on doit plus d'un coup de feu.

Une filtration de l'eau à travers l'éponge de fer permettra de se débarrasser des matières organiques, dont la présence peut occasionner des entraînements.

L'effet du chlorure de magnésie sera neutralisé par une addition de carbonate de soude.

La séparation du carbonate de chaux, le sel le plus commun des eaux douces, pourra s'effectuer par un traitement au lait de chaux avec filtration soignée ou par la simple action de la chaleur, qui précipite la presque totalité du carbonate dissous à la faveur de l'acide carbonique.

Le sulfate de chaux est beaucoup plus rebelle et les moyens connus d'épuration préalable des eaux séléniteuses laissent encore beaucup à désirer.

Le chlorure barytique, les silicates alcalins, le carbonate *spécial* de magnésie et l'hydrate magnésique ont l'inconvénient ou d'être d'une application peu pratique ou d'augmenter la propriété corrosive de l'eau.

De même le *surchauffage* de l'eau à des températures de 140 à 150 degrés nécessaires à l'élimination complète du sulfate calcique, entraîne à des complications trop grandes pour que le procédé puisse devenir industriel.

Si enfin l'épuration préalable réclame des installations trop coûteuses ou s'il est impossible, par ce moyen, de combattre l'adhérence des concrétions calcaires, il faut se résoudre à faire usage des désincrustants.

L'expérience a établi qu'un bon procédé de débourbage continu d'une chaudière alimentée par des eaux limoneuses ou riches en chaux carbonatée suffit, le plus

souvent, pour conserver aux parois une très grande propreté ou tout au moins pour faciliter le détachement de la mince pellicule d'incrustation abandonnée sur les tôles.

Aucun anti-incrustateur ne doit être employé avant que la composition des dépôts formés ne soit bien connue, et l'on aura soin de s'assurer, de temps en temps, si le dépôt concrétionné ne contient pas de fer et si la présence de ce métal n'est pas due à l'action même du désincrustant.

Si la despumation par robinet, le débourbage ou même la filtration ne parviennent point à détruire les effets nuisibles des matières grasses renfermées dans l'eau, il faudra recourir à l'usage, soit du cabonate de soude, soit d'un mélange de chaux et de soude caustique ou bien substituer les huiles minérales aux graisses animales et végétales pour la lubrification des machines.

L'adhérence des dépôts, favorisée par un commencement d'oxydation des surfaces métalliques, est parfois combattue avec succès, *quelle que soit la mauvaise qualité des eaux*, par l'application d'un enduit sur les tôles préalablement bien nettoyées.

L'usage du zinc et les procédés électriques, en général, peuvent rendre certains services, mais au prix de grands soins dans l'installation et dans l'entretien des appareils.

Il en est de même des matières sucrées, du sel ammoniac, etc., dont on ne doit user qu'avec circonspection, tout en surveillant de très près les effets produits.

La soude est le meilleur désincrustant pour le sulfate de chaux, et les entraînements d'eau qu'elle provoque seront supprimés par l'emploi simultané du cachou ou d'un appareil débourbeur.

Enfin, la mise hors feu, le vidage des chaudières et le nettoyage périodique des parois, tant extérieures qu'intérieures, seront l'objet d'une surveillance attentive, les tôles doivent être visitées à fond après un chômage de quelque durée, l'épaisseur des parois sera vérifiée chaque fois qu'une corrosion locale des tôles nécessitera des réparations et la remise en service du générateur sera précédée d'une épreuve prolongée à la presse hydraulique.

J'ai la conviction qu'en tenant compte des recommandations faites, tant sous le rapport du choix et du traitement des eaux qu'au point de vue de la conduite des appareils à vapeur, on réalisera de notables économies, tout en diminuant sensiblement le nombre des accidents de chaudières; mais il faut un guide sûr et éclairé dans ce dédale de précautions, en même temps qu'un contrôle sévère de leur rigoureuse observation et, à ce propos, je ne puis que conseiller vivement l'affiliation aux sociétés aujourd'hui constituées dans presque tous les pays pour la surveillance des générateurs de vapeur.

Ces associations, qu'il faut placer au premier rang des institutions humanitaires, peuvent dégager moralement la responsabilité de l'industriel, qui trouve, en outre, des gages de sécurité réelle dans la compétence spéciale et l'expérience consommée d'un personnel composé d'ingénieurs et de maîtres-chauffeurs.

Namur, le 22 mars 1884.

MINES A GRISOU

LE PRIX

DE

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS

SORTIS DE

L'ÉCOLE DE LIÈGE.

Les *Annales des Travaux publics* ont antérieurement (1) rendu compte de l'institution d'un prix fondé par un membre de l'association des ingénieurs sortis des écoles spéciales annexées à l'université de Liège, en faveur de la direction du charbonnage à grisou dans lequel on aurait eu à déplorer le moins de victimes pendant la période décennale 1873-1882.

Le programme du concours, approuvé par l'arrêté royal du 5 novembre 1874, était formulé comme suit :

ART. 1er. — Le prix sera accordé à la direction du charbonnage *à grisou* dans lequel on aura eu à déplorer le moins de victimes pendant la période décennale 1873-1882, eu égard au nombre d'ouvriers employés dans les travaux intérieurs et aux difficultés d'exploitation.

ART. 2. — Sera considérée comme victime toute personne décédée dans les quatre semaines qui suivront un accident, n'importe de quelle nature, provenant des travaux intérieurs ou du passage dans les puits.

(1) Voir tome XXXIII, p. 209.

Art. 3. — Sont admises à concourir, les directions de charbonnages à grisou dans lesquels on aura employé, pendant la dite période décennale, au moins 250 ouvriers, chaque année, dans les travaux intérieurs.

Si le charbonnage renferme plusieurs sièges d'exploitation, l'un d'eux, au moins, doit avoir occupé 250 ouvriers,

Le nombre d'ouvriers employés chaque année est déterminé par les nombres de ceux qui auront été employés chaque mois.

Art. 4. — Est également admise à concourir, la direction d'un charbonnage mixte dont le ou les étages à grisou d'un même siège occupent au moins 250 ouvriers.

Art. 5. — Est réputé charbonnage *à grisou*, celui dans lequel l'administration des mines a prescrit l'emploi de lampes de sûreté, à cause de la présence de ce gaz.

Art. 6. — Le prix sera accordé par une commission composée du président de l'association des ingénieurs, de l'inspecteur général des mines, des ingénieurs en chef des mines, d'un membre de la dite association désigné par le conseil d'administration et d'un ingénieur des mines désigné par le ministre des travaux publics ; cet ingénieur remplira les fonctions de secrétaire (1).

Art. 7. — Dans le cas où la direction du charbonnage réunissant les conditions voulues pour l'obtention du prix, serait exercée par plusieurs personnes,

(1) Au début de la période décennale, cette commission, qui fut alors réunie pour l'élaboration du texte définitif du programme du concours, était formée de MM. F. Jochams, *président*, L. Trasenster, E. Laguesse, J. Van Scherpenzeel-Thim, Reul, H. Witmeur, *secrétaire*.

En suite de modifications survenues dans l'organisation et le personnel

comme aussi dans le cas où la direction nominale ne correspondrait pas à la direction effective, la commission attribuera le prix aux personnes à qui il reviendrait équitablement.

ART. 8. — Si le directeur du charbonnage à qui

de l'administration des mines, la commission pour la collation du prix fut reconstituée par l'arrêté royal du 24 mars 1884, dont voici le texte :

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous présents et à venir, SALUT.

Vu l'art. 6 du programme annexé à notre arrêté du 5 novembre 1874 relatif à la collation d'un prix à décerner à la direction du charbonnage à grisou dans lequel on aura eu à déplorer le moins de victimes pendant la période décennale de 1873-1882, eu égard au nombre d'ouvriers employés dans les travaux intérieurs et aux difficultés d'exploitation;

Vu Notre arrêté du 2 décembre 1883, décrétant la suppression de l'inspection générale des mines et la création de la direction générale des mines;

Vu Notre arrêté du 4 août 1882, qui a distrait du département des travaux publics, les services des ponts et chaussées et des mines et qui les a rattachés au ministère de l'intérieur;

Vu la lettre du 6 mars 1884, par laquelle M. le président de l'association des ingénieurs sortis de l'école de Liège donne avis que M. Reul, directeur-gérant de la société de Courcelles-Nord continue à être délégué par le conseil d'administration de l'association des ingénieurs pour faire partie de la commission chargée d'accorder le prix susmentionné;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'intérieur,

Nous avons arrêté et arrêtons :

ART. 1er. — Sont nommés membres de la commission chargée, aux termes de l'art. 6 susmentionné, d'accorder le prix :

MM. J. Van Scherpenzeel-Thim, directeur général des mines;
L. Trasenster, président de l'association des ingénieurs sortis de l'école de Liège;
C. Lambert, ingénieur en chef directeur des mines, à Mons;
C. Hamal, ingénieur en chef directeur des mines, à Liège;
Reul, directeur gérant de la société de Courcelles-Nord;
Henri Witmeur, ingénieur des mines attaché à la direction générale, à Bruxelles;

M. Van Scherpenzeel-Thim remplira les fonctions de président, et M. Witmeur remplira celles de secrétaire.

le prix devrait être attribué n'a pas exercé ses fonctions dans ce charbonnage pendant toute la période décennale, la commission pourra distraire de ce prix telle somme qu'elle jugerait équitable pour être répartie entre les directeurs et les surveillants qui auraient le plus contribué à éviter les accidents ou à réduire le nombre des victimes.

Art. 9. — Au commencement de chaque trimestre, les ingénieurs principaux des mines feront les relevés mensuels des ouvriers occupés aux travaux intérieurs des charbonnages à grisou situés dans leur ressort, ainsi que du nombre d'ouvriers morts à la suite d'accident.

Art. 10. — Ces relevés seront inscrits dans des registres spéciaux et transmis chaque année à l'inspection générale des mines, par l'intermédiaire des ingénieurs en chef, qui y apposeront leur visa.

On se rappellera que le prix consistait en une somme de 5,000 francs augmentée des intérêts accumulés pendant la période décennale (1), et que l'arrêté royal du 5 novembre 1874 y ajoutait 5,000 francs alloués par le gouvernement.

La commission chargée de décerner le prix se réunit le 8 avril, le 18 août, le 24 octobre et le 13 novembre 1884.

Nous donnons ci-dessous le texte du rapport qu'elle adressa à M. le ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics (2) ainsi que le dispositif de l'arrêté royal du 19 décembre 1884 répartissant entre les lauréats du concours, la somme de 5,000 francs allouée par le gouvernement.

(1) Lors de la remise du prix aux lauréats, le total s'élevait à fr. 8,727-84.

(2) En suite de l'arrêté royal du 16 juin 1884, l'administration des mines ressortit au ministère de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics.

RAPPORT DU JURY

Bruxelles, le 13 novembre 1884.

MONSIEUR LE MINISTRE,

Par son arrêté du 24 mars 1884, S. M. le Roi nous a investis de la mission de décerner le prix institué en faveur de la direction du charbonnage à grisou dans lequel on aura eu à déplorer le moins de victimes pendant la période décennale 1873-1882.

Nous avons l'honneur, Monsieur le Ministre, de vous rendre compte de l'accomplissement de cette mission.

Aux termes de l'article 3 du programme, le concours était ouvert entre les directions des mines à grisou qui, pendant la dite période décennale, auraient employé au moins 250 ouvriers, chaque année, dans les travaux intérieurs.

Sur 90 charbonnages inscrits, 45 ont conservé, pendant toute la période, ce personnel minimum.

L'état ci-annexé donne la nomenclature de toutes ces mines, ainsi que le nombre moyen annuel d'ouvriers employés, le nombre total des victimes et leur proportion par 1,000 ouvriers, pour chacune des mines demeurées dans les conditions du concours.

L'article 1er du programme spécifie que l'apprécia-

tion comparative du nombre des victimes doit être faite, eu égard au nombre d'ouvriers employés dans les travaux intérieurs et aux difficultés d'exploitation.

Et le comité chargé d'élaborer le programme avait, pour l'application de ce principe, formulé la règle suivante :

« La base principale d'appréciation sera le nombre des victimes proportionnellement à celui des ouvriers employés. Cette base servira à faire un premier classement.

« Dans la comparaison des candidats en présence, le comité aura égard, le plus exactement possible, aux dangers d'exploitation que présentent les mines à comparer. »

Le classement préliminaire a mis en parallèle les charbonnages du Nord de Charleroi (puits n° 3), à Courcelles, d'Ougrée à Ougrée et de Grisœuil à Pâturages, avec les résultats suivants :

	NOMBRE MOYEN D'OUVRIERS employés annuellement.	NOMBRE TOTAL DE VICTIMES pour la période.	NOMBRE PROPORTIONNEL de victimes par 1,000 ouvr. employés.
1. Nord de Charleroi (n° 3)	341	2	0.59
2. Ougrée.	389	4	1.03
3. Grisœuil	676	9	1.33

Pour apprécier les dangers d'exploitation de ces mines, le jury décida qu'il serait fait état des éléments suivants :

a) existence dans la mine, d'anciens travaux, dont la proximité impose l'obligation de faire précéder les travaux actuels par des sondages ;

b) abondance du grisou qui se dégage dans les travaux ; production et fréquence des dégagements instantanés de grisou ;

c) affaissement des terrains; difficultés de soutenir ceux-ci;

d) allures des couches : dressants, plateures; accidents : failles, crains, etc.;

e) difficultés d'abatage; puissance moyenne des couches;

f) travaux de premier établissement spécialement dangereux exécutés pendant la période décennale, notamment : creusement et approfondissement de puits.

L'administration des mines a fourni au jury, sur sa demande, les renseignements relatifs à ces différents objets, pour chacun des charbonnages en lice.

Le tableau ci-dessous en résume les traits principaux :

	NORD DE CHARLEROI (SIÈGE N° 3).
a) Existence dans la mine, d'anciens travaux dont la proximité a imposé l'obligation de faire précéder les travaux par des sondages.	Il n'existe pas d'anciens travaux nécessitant des sondages.
b) Abondance du grisou qui se dégage dans les travaux; production et fréquence des dégagements instantanés.	Si l'on classait les mines grisouteuses non sujettes à dégagements instantanés en trois catégories. 1. Mines peu grisouteuses, 2. Id. moyennement grisouteuses, 3. Id. fortement id. Le Nord de Charleroi (n° 3) devrait être placé à la limite de 2 et 3. Pas de dégagements instantanés.
c) Affaissement des terrains; difficultés de soutenir ceux-ci.	Bon toit dans quelques veines; peu résistant, dans la plupart; fréquemment très mauvais dans toutes. Obligation d'abandonner souvent des parties de veine, à cause des difficultés de soutènement. Coût moyen du boisage : 9 à 10 centimes à l'hectolitre, variant, selont les couches, de 6 à 13 ou 14 centimes.
d) Allures des couches; dressants, plateures; accidents : failles, crains.	Plateures inclinées de 20 à 40 degrés. Etreintes fréquentes; nombreux crains et rejetages.
e) Difficultés d'abatage; puissance des couches exploitées.	Puissance moyenne, en charbon : $0^m,70$; ouverture totale : $0^m,40$ à $1^m,15$, en allures irrégulières; nombreux dérangements.
f) Travaux de premier établissement spécialement dangereux exécutés pendant la période décennale et notamment, creusement et approfondissement de puits.	Outre les percements en pierre et dont la longueur totale creusée à la poudre est chiffrée à 8,000 mètres pour la période décennale, on a creusé, de 1874 à 1880, un nouveau puits d'extraction (le puits d'aérage en mauvais état, devant être comblé et remplacé par l'ancien puits d'extraction n° 3), de la surface à 485 mètres de profondeur. Ce travail est renseigné comme ayant été spécialement dangereux.

OUGRÉE.	GRISŒUIL.
Des sondages ont dû se faire exceptionnellement.	Nombreux travaux anciens ayant exigé des sondages préalables au déhouillement et sondages dans les tailles; plusieurs *abatages* d'eau importants et dangereux ont été effectués.
La mine est grisouteuse à un très haut degré.	Il se dégage dans la mine énormément de grisou.
Pas de dégagements instantanés.	Un dégagement instantané s'est produit en 1872.
Terrains ébouleux et offrant de grandes difficultés de soutènement.	Affaissements considérables dans une couche; obligation, de ce chef, d'abandonner des parties de couches. Terrains excessivement ébouleux dans trois couches. Toit et mur excessivement durs dans une couche.
Coût moyen du boisage : 1 fr. 33 c. à la tonne (moyenne de la période décennale).	
Allure des plus tourmentées : dressants, plateures, faux plis nombreux, nombreux crains et étreintes.	Droits et faux droits; fréquentes étreintes et rejets peu importants. Puissance moyenne : $0^m,61$, allant à $1^m,20$ dans une couche.
Puissance moyenne : $0^m,75$, pour 6 couches, variant de $0^m,55$ à 1 mètre d'épaisseur.	Difficultés variables : rien de particulier pour deux couches; difficultés pour qnatre; grandes difficultés pour une.
Approfondissement du puits d'extraction de 270 à 310 mètres et du puits d'aérage de 230 à 260 mètres. Les grandes dimensions du puits d'extraction (elliptique de 7 mètres sur $4^m,20$ avec revêtement en maçonnerie de $0^m,50$ d'épaisseur) constituaient une aggravation du danger inhérent à toute avaleresse.	Approfondissement du puits d'extraction sur 176 mètres, du puits d'épuisement sur 86 mètres, du puits aux échelles de 239 mètres. Bouveaux de recherche à différents niveaux. Un bouveau creusé en 1874-1875 a rencontré des venues d'eau et de gaz.

Les éléments du tableau qui précède établissent que les difficultés d'exploitation sont plus grandes dans la mine d'Ougrée et surtout dans celle de Grisœuil, que dans le charbonnage du Nord de Charleroi.

Toutefois, il n'a point paru à la majorité du jury que les différences fussent assez accentuées pour compenser l'écart notable qui existe entre le coefficient 0.59 de cette dernière mine et ceux de 1.03 et 1.33 respectivement obtenus par les deux premières,

Par cinq voix et une abstention, le jury a attribué le prix à la direction du charbonnage du Nord de Charleroi (puits n° 3).

Aux termes de l'article 7 du programme, dans le cas où la direction du charbonnage réunissant les conditions voulues pour l'obtention du prix serait exercée par plusieurs personnes, comme aussi, dans le cas où la direction nominale ne correspondrait pas à la direction effective, la commission doit attribuer le prix aux personnes à qui il reviendrait équitablement.

Le remarquable résultat obtenu à la mine du Nord de Charleroi est dû, Monsieur le Ministre, à la collaboration intelligente et dévouée de MM. Emile Jouniaux, agent général, et Jean-Baptiste Géronnez, directeur des travaux de ce charbonnage.

Ingénieur-directeur des travaux de 1854 à 1864, M. Jouniaux est, depuis lors, agent général du charbonnage.

M. Géronnez a été conducteur des travaux depuis 1856 jusqu'en 1864, époque à laquelle il succéda à M. Jouniaux en qualité de directeur des travaux.

Le jury a décidé, à l'unanimité, Monsieur le Ministre, en application de l'article 7 précité, que le prix doit être réparti également entre MM. Emile Jouniaux et Jean-Baptiste Géronnez.

En portant cette décision à votre connaissance, le jury croit devoir, Monsieur le Ministre, signaler aussi à l'attention spéciale du gouvernement les résultats obtenus dans les charbonnages d'Ougrée et de Grisœuil : ils témoignent, avec ceux de la mine qui a remporté le prix, d'une sollicitude constante pour la sécurité de nos vaillants ouvriers mineurs ; ils attestent que les travaux de ces sièges importants d'exploitation sont conduits avec cette vigilance éclairée, attentive aux multiples causes de dangers, toujours présente pour les écarter ou les combattre et dont la sérieuse pratique est, en somme, le moyen par excellence de se protéger contre les accidents et les catastrophes.

A ce rapport sont joints, outre le tableau des charbonnages inscrits au concours, avec les résultats pour les mines demeurées concurrentes :

1° un registre contenant, pour chacune de ces mines, le détail des renseignements trimestriels, recueillis par l'administration des mines, pendant la période 1873-1882, en exécution de l'article 9 du programme ;

2° les procès-verbaux des séances tenues par le jury le 8 avril, le 18 août, le 24 octobre derniers et le 13 novembre courant.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, l'expression de notre respectueux dévouement.

Le rapporteur,	*Le président,*
HENRI WITMEUR.	J. VAN SCHERPENZEEL THIM.

Les membres,

L. REUL, L. TRASENSTER, CH. LAMBERT, CH. HAMAL.

ANNEXE

Relevé général des renseignements recueillis par l'administration des mines pendant la période 1873-1882 pour les mines inscrites au concours.

Classement des résultats.

Nos du classement.	CHARBONNAGES.	Nombre moyen d'ouvriers employés annuellement.	Nombre total des victimes pour la période.	Nombre des victimes par 1,000 ouvriers employés.
1	Nord de Charleroi (no 3)	341	2	0.59
2	Ougrée	389	4	1.03
3	Grisœuil	676	9	1.33
4	Picquery-Bonne-Veine	546	8	1.47
5	Ormont, à Châtelet	457	7	1.53
6	Vingt-quatre actions	844	13	1.54
7	Gosson-Lagasse	1,156	18	1.56
8	Angleur	297	5	1.68
9	Espérance (Marihaye)	865	15	1.73
10	Amercœur, à Jumet	1,119	20	1.79
11	Poirier, à Montigny s/Sambre	852	16	1.88
12	Bonne-Espérance, à Montigny s/Sambre	634	12	1.89
13	Six-Bonniers	674	13	1.92
14	Produits	2,537	50	1.97
15	Pont du Loup (Sud)	396	8	2.02
16	Bonne-Espérance, à Lambusart	294	6	2.04
17	Grand Mambourg Liège	745	16	2.15
18	Grande Bacnure	319	7	2.19
19	Monceau-Fontaine et Martinet	2,029	45	2.21
20	Bois d'Avroy	309	7	2.26
21	Bayemont	663	15	2.26
22	Hazard, à Micheroux	882	20	2.27
23	Charbonnages réunis de Charleroi, à Charleroi	1,504	36	2.39
24	Seize actions	506	13	2.56
25	Gouffre	1,010	26	2.57
26	Réunion, à Gilly	461	12	2.60
27	Hornu et Wasmes	1,769	46	2.71
28	Beaulieusart	461	13	2.82
29	Artistes et Xhorré	738	22	2.98

Nos du classement.	CHARBONNAGES.	Nombre moyen d'ouvriers employés annuellement.	Nombre total des victimes pour la période.	Nombre des victimes par 1,000 ouvriers employés.
30	Bois de Boussu.	1,272	40	3.15
31	Belle-Vue, à Elouges.	912	29	3.18
31bis	Escouffiaux	660	21	3.18
31ter	Trieu-Kaisin . . , ...	1.719	55	3.18
34	Horloz	935	31	3.31
35	Bonne-Fin et Bâneux réunis . .	1,047	35	3.34
36	Arsimont	360	13	3.61
37	Crachet-Picquery	866	36	4.16
38	La Haye	730	33	4.52
39	Grand-Buisson	872	41	4.70
40	Marihaye	1,652	78	4.72
41	Péronnes	464	22	4.74
42	Val-Benoît	593	30	5.06
43	Cockerill.	1,854	96	5.18
44	Marcinelle-Nord	1,119	63	5.63
45	Agrappe	1,194	269	22.53

Mines hors concours.

Appaumée-Ransart; Auvelais-Saint-Roch; Baldaz-Lalore; Bas-Flénu; Basse-Sambre; Batterie; Bois d'Elville à Jumet; Bois de Casier à Marcinelle; Bois de La Haye; Bonne-Espérance; Boubier à Châtelet; Carabinier à Châtelet; Centre de Gilly à Gilly; Chartreuse; Espérance à Montegnée; Falisolle; Fiestaux à Couillet; Forte-Taille à Montigny-le-Tilleul; Grande machine à feu de Dour; Ham-sur-Sambre; Hazard à Tamines; Kessales; Longterne-Ferrand; Longterne-Trichères; Masse Saint-François à Farciennes; Midi du Flénu (Rieu du Cœur); Noël-Sart-Culpart à Gilly; Oignies-Aiseau; Piéton Centre; Propriétaires réunis à Marchienne; Réunion à Mont-sur-Marchienne; Ressaix; Rochelle et Charnois à Roux; Roton-Sainte-Catherine à Farciennes; Sacré-Madame à Dampremy; Saint-Martin à Marchienne; Sainte-Aldegonde; Saint-

Eloi ; Sart-au-Berleur ; Tergnée-Aiseau-Presles à Farciennes ; Trahegnies ; Valentin Cocq et Colladios ; Vallée du Piéton à Roux ; Viernoy ; Viviers réunis à Gilly.

Annexé au rapport adressé le 13 novembre 1884, par le jury, à Monsieur le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics.

Le rapporteur, HENRI WITMEUR. *Le président,* J. VAN SCHERPENZEEL THIM.

Les membres,
L. REUL, L. TRASENSTER, CH. LAMBERT, CH. HAMAL.

ARRÊTÉ ROYAL DU 19 DÉCEMBRE 1884.

LÉOPOLD II, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, SALUT.

Vu Notre arrêté du 5 novembre 1874, approuvant le programme d'un prix institué par un membre de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales annexées à l'université de Liège, en faveur de la direction du charbonnage à grisou dans lequel on aura eu à déplorer le moins de victimes pendant la période 1873-1882;

Revu Notre arrêté du 24 mars dernier, nommant les membres du jury chargé de la collation du prix ;

Vu le rapport, ci-annexé, adressé sous la date du 13 novembre 1884, à Notre Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics, par ce jury ;

Attendu que le prix, décerné à la mine du Nord de Charleroi (puits n° 3), à Courcelles, doit être également réparti entre MM. Emile Jouniaux et J.-B[te] Géronnez, respectivement agent général et directeur des travaux de cette mine ;

Sur la proposition de Notre Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

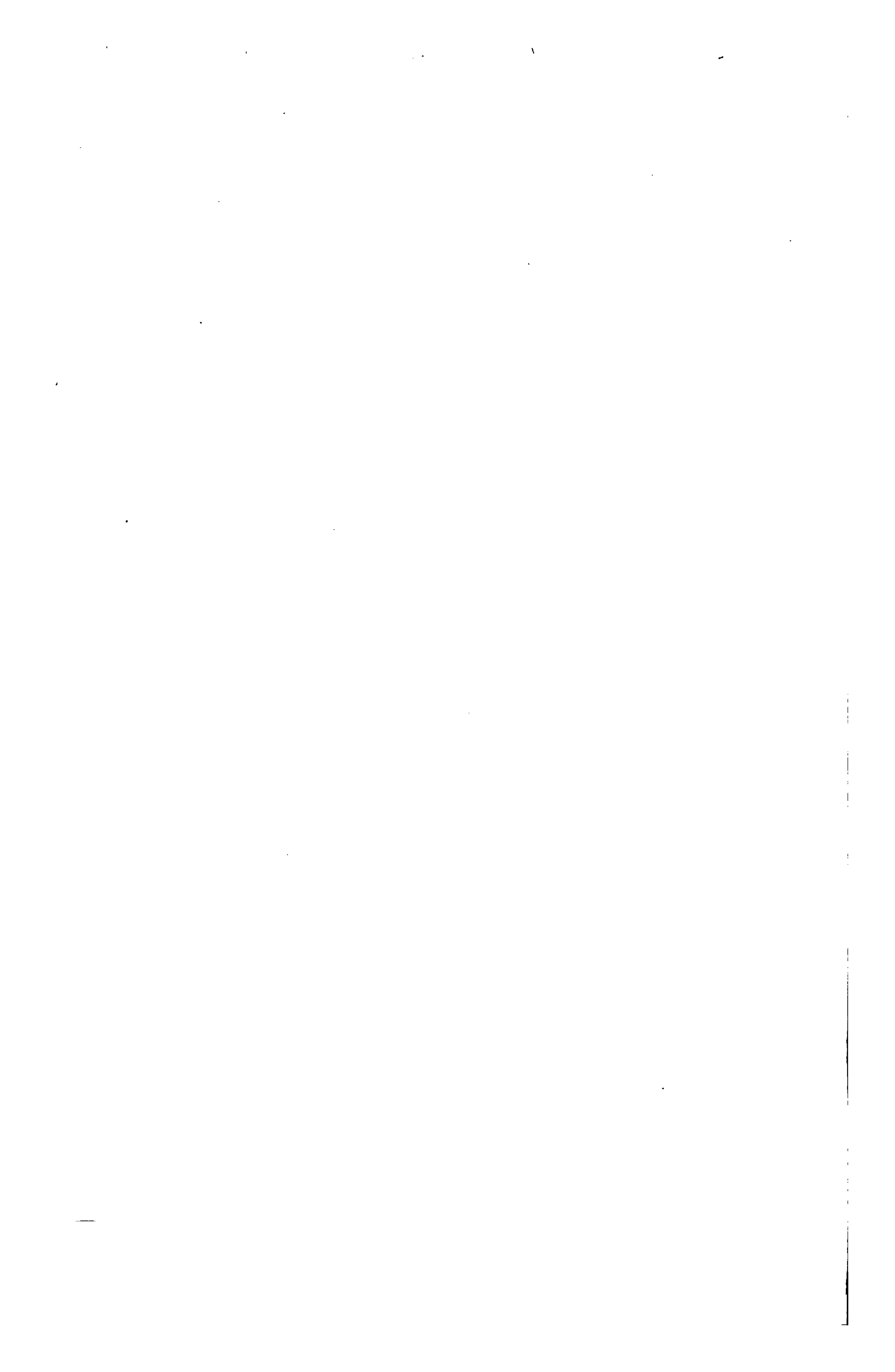
ARTICLE UNIQUE. Il est alloué à M. Emile Jouniaux, agent général du charbonnage du Nord de Charleroi, à Courcelles et à M. Jean-Baptiste Géronnez, directeur des travaux de la même mine, chacun une somme de 2,500 francs à imputer sur l'article 132 du tableau VI de la loi du 7 mai 1884, contenant le budget général pour l'exercice 1884.

Notre Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 19 décembre 1884.

LÉOPOLD.

Par le Roi :
Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.



TABLES

DE LA

PRESSION RÉGLEMENTAIRE

DANS LES

CHAUDIÈRES A VAPEUR

PAR

M. FINEUSE,

INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES.

Le dispositif du nouveau règlement de police des appareils à vapeur en Belgique est basé sur les considérants suivants :

« Considérant que s'il convient de laisser, en de certaines limites, aux industriels le libre choix des matériaux à employer dans la construction des chaudières, il importe que les qualités de ces matériaux soient explicitement spécifiées par ceux qui en font usage ;

« Considérant qu'il importe aussi que ces matériaux soient mis en œuvre d'après les règles de l'art ;

« Considérant que, si l'épreuve des chaudières est un moyen utile d'en constater la résistance, il faut éviter que par cette opération la limite d'élasticité du métal soit atteinte ; . . . .

« Considérant que, s'il importe à la sécurité publique que les appareils à vapeur soient, lors de l'instal-

lation, parfaitement conditionnés, il n'est pas moins utile qu'ils soient constamment tenus dans cet état ».

. . . .

En conséquence, l'arrêté royal du 24 mai 1884 fixe uniformément le taux de la pression d'épreuve à *une fois et demie* la pression de marche, sauf une légère tolérance pour les chaudières mobiles, prescrit une visite intérieure complète chaque année « pour s'assurer que la chaudière présente en *tous ses points* la résistance nécessaire », exige une inspection minutieuse des tôles, tant intérieure qu'extérieure, avant toute épreuve, « afin de déterminer, d'après l'état de conservation des appareils, la charge que le métal du récipient peut supporter sans altérer la résistance », réclame de l'agent visiteur une déclaration constatant entre autres qu'à son avis, la chaudière peut encore fonctionner avec sécurité pendant un an à la pression du timbre, rend obligatoire le renouvellement de l'essai à la presse hydraulique, après chaque réparation, modification essentielle ou déplacement des chaudières fixes et prend les dispositions suivantes, au sujet des garanties que doivent offrir la nature et la qualité des matériaux en usage :

Art. 33. — Il ne peut être employé, pour la construction des chaudières à vapeur, que des matériaux présentant toute garantie de sécurité. Le choix des matériaux et les épaisseurs à leur donner sont laissés à l'appréciation du propriétaire de la chaudière et du constructeur, sous leur responsabilité et *pour autant qu'il soit satisfait à l'art.* 35.

Art. 34. — Les tôles, entrant dans la construction d'une chaudière, doivent porter des marques au poinçon, faites à chaud lors de la fabrication et indiquant le nom du fabricant ou sa marque spéciale, ainsi qu'une marque de qualité dont la signification soit explicitement définie.

La définition de la qualité des tôles devra comprendre au moins les indications suivantes :

1° *Les charges de rupture par traction et par millimètre carré de section, dans le sens du laminage et dans le sens perpendiculaire à celui-ci.*

2° Les allongements exprimés en tantièmes pour cent, dont les tôles sont susceptibles, lorsqu'elles sont soumises à des efforts de traction, dans le sens du laminage et dans le sens perpendiculaire à celui-ci.

ART. 35. — *Une chaudière à vapeur ne peut fonctionner à une pression dépassant le quart de la pression qui ferait rompre quelqu'une de ses parties. Elle devra cesser de fonctionner ou être timbrée à une pression inférieure dès qu'elle ne satisfera plus à cette condition.*

ART. 42. — Les chaudières dont les dispositions ne satisferaient pas aux prescriptions des art. 33, 34 et 35, ou qui présenteraient des vices de construction ou dans lesquelles l'épreuve signalerait des défauts graves, ne pourront pas être timbrées ni mises en usage.

Ce règlement aura nécessairement pour résultat rationnel de provoquer de fréquentes réparations, d'amener des réductions successives de la pression de marche et d'aboutir, par la force des choses, à la disparition obligatoire des vieilles chaudières.

On voit, d'autre part, comme le fait observer la circulaire ministérielle du 7 juin 1884, que l'art. 35 rétablit, pour les corps cylindriques de chaudières, un minimum d'épaisseur des tôles, calculé non plus seulement en fonction du diamètre et du numéro du timbre, mais en tenant compte également des coefficients propres aux matériaux employés.

Or, comment déterminer cette pression « qui ferait rompre quelqu'une des parties » d'un générateur de vapeur?

L'instruction ministérielle, qui accompagne le nouveau règlement, reproduit la formule

$$e = \frac{pr}{t}$$

donnant la tension « qui, *pour la pleine tôle*, ne devra pas dépasser le *quart* des charges de rupture renseignées aux spécifications prescrites par l'art. 34 », en faisant observer que, *pour les tôles de chaudières*, des expériences récentes ont démontré qu'il convient d'adopter les coefficients de 0.40 pour les *simples rivures* et 0.55 à 0.60 pour les *doubles rivures*, « à moins que le constructeur n'établisse que les rivures dont il fait usage, offrent une sécurité plus grande ».

Les considérations suivantes relatives à l'épaisseur des tôles paraissent, au premier abord, en contradiction avec celles contenues dans les instructions qui font suite aux règlements de 1839, 1846, 1853 et 1864.

Jusqu'à présent l'on avait préconisé l'emploi des tôles minces, en mettant en garde contre le danger des parois trop épaisses ; aujourd'hui on conseille de donner aux tôles fortement chauffées un peu plus d'épaisseur, pour compenser la perte de résistance due à l'élévation de température, ainsi qu'en général aux parties les plus exposées à l'usure, afin de prévenir l'éventualité d'une réduction de pression de marche des chaudières, en exécution de l'art. 35 ou même d'une mise hors service, « quand, après l'usage plus ou moins prolongé, l'épaisseur de leurs parois ne satisfait plus aux conditions de sûreté exigées » et l'on objecte de plus que les tôles, dont l'épaisseur est insuffisante, sont dangereuses à cause de leur moindre résistance et de la facilité avec laquelle des déchirures produites par certains défauts cachés « pourraient s'étendre et provoquer des effets désastreux ».

Cette contradiction apparente n'existe que dans les limites extrêmes. Il s'agit, non point de dimensions exagérées dans un sens ou dans l'autre, mais bien d'épaisseurs à donner rationnellement à certaines parties, abstraction faite du degré de résistance même du métal qui permettrait une réduction ou nécessiterait une augmentation en rapport avec la pression normale de la chaudière.

Donc, sous le régime actuel, le fonctionnaire chargé du service des machines à vapeur se trouve à tout instant dans l'obligation de *calculer* la charge que peut supporter une chaudière donnée, soit pour déterminer la pression de fonctionnement et, par suite, celle d'épreuve d'un appareil nouveau, soit pour faire réduire la charge ou réclamer la mise hors service d'un générateur ancien ; le fabricant de tôles est tenu de se rendre un compte exact des conditions spéciales que ses produits doivent remplir ; le constructeur de chaudières se voit dans la même nécessité pour pouvoir se conformer aux nouvelles prescriptions réglementaires ; l'agent visiteur, mentionné aux art. 51 et 52, ne peut sérieusement dresser son procès-verbal de visite sans s'être livré à la même opération, et le propriétaire d'appareils à vapeur lui-même peut avoir besoin d'apprécier si son générateur se trouve encore en état, à un moment donné, de marcher à la pression du timbre, s'il y a lieu de réduire celle-ci ou si, au contraire, il est possible de solliciter une majoration de pression d'appareils autorisés sous l'empire du règlement de 1884.

Mettre à la portée de tous le moyen de connaître, *sans aucun calcul*, la charge que les chaudières peuvent supporter à tout instant, tel est le but, telle est l'utilité de mes tables de pressions.

Ces tables ont été dressées de la manière suivante,

conformément aux instructions qui accompagnent l'arrêté du 28 mai 1884 :

Pour la forme cylindrique des chaudières et pour la pleine tôle on doit faire usage, comme nous l'avons vu précédemment, de la relation

$$e = \frac{pr}{t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (1)$$

dans laquelle e, représente l'épaisseur minima des tôles, en millimètres ;

p, la pression effective de la vapeur, en kilogrammes et par millimètre carré ;

r, le rayon du cylindre, en millimètres ;

t, la tension, en kilogrammes, développée sur chaque millimètre carré de la paroi, suivant les *sections droites* du cylindre,

formule qui peut se mettre sous la forme

$$p = \frac{et}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (2).$$

Pour N, nombre *d'atmosphères*, on a, d'autre part,

$$N = \frac{100}{1.033}\, p.$$

Remplaçant p par sa valeur (2), substituant le diamètre au rayon et effectuant les opérations, on obtient

$$N = 193{,}61\, \frac{et}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (3)$$

qui représente le nombre d'atmosphères que pourrait supporter un cylindre en tôle pleine, t désignant la charge de rupture par traction, spécifiée à l'art. 34 du règlement.

Mais, en vertu de l'art. 35, la tension développée sur les parois assemblées d'un générateur de vapeur ne pourra dépasser $\frac{t}{4}$ et, comme il faut adopter les coefficients

0.4 . . . . pour les rivures simples
et 0.55 à 0.60.... pour les rivures doubles,
la formule (3) donne, pour le premier cas,

$$N = 193{,}61 \times \frac{e}{d} \times \frac{t}{4} \times 0.4$$

D'où, *pour simples rivures*,

$$N = 19{,}361 \frac{et}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (A)$$

et pour les deux cas suivants,

$$N = 193{,}61 \times \frac{e}{d} \times \frac{t}{4} \times 0.55$$

et

$$N = 193{,}61 \times \frac{e}{d} \times \frac{t}{4} \times 0.60.$$

D'où, *pour doubles rivures*,

$$N = 26{,}621 \frac{et}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (B)$$

à

$$N = 29{,}041 \frac{et}{d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (C).$$

Telles sont les trois formules qui ont servi au calcul des tables et donnent directement *en atmosphères* le numéro du timbre du générateur, en fonction de la charge de rupture de la tôle pleine, de l'épaisseur des parois et du diamètre de la chaudière.

Les résultats sont étendus, depuis $0^m{,}50$ jusqu'à $2^m{,}50$ de diamètre, pour des épaisseurs de tôles variant de $0^m{,}008$ à $0^m{,}016$ et des charges de rupture comprises entre 24 et 34 kilogrammes par millimètre carré de section.

Les diamètres procèdent seulement de $0^m{,}05$ en $0^m{,}05$, la différence des pressions correspondantes n'étant guère appréciable que pour les très petites dimensions.

Il suffirait, d'ailleurs, pour des diamètres différant entre eux de $0^m,025$, de prendre la demi-somme des pressions qui correspondent aux diamètres immédiatement supérieur et inférieur contenus dans la première colonne.

Ainsi, l'on verrait que, pour des tôles d'une épaisseur de $0^m,009$, à rivures simples et d'une charge minima de rupture de 26 kilogrammes, le timbre de la chaudière serait, (table II), de 6 atmosphères pour un diamètre de $0^m,750$ et de

$$\frac{6\ 1/2 + 6}{2} = 6\ 1/4 \text{ atmosphères}$$

pour un diamètre de $0^m,725$.

Bien que les petits diamètres avec de fortes épaisseurs, et réciproquement, ne se trouvent guère dans la pratique, j'ai fait figurer tous les résultats, tant pour rencontrer tous les cas, même exceptionnels, qu'en vue de conserver l'uniformité des tableaux.

Le plus souvent, pour le timbrage des chaudières, il n'est procédé que par fraction d'une demi-atmosphère ; j'ai cru toutefois devoir pousser l'approximation jusqu'au quart, en forçant ou en supprimant toute fraction immédiatement supérieure ou inférieure à un huitième d'atmosphère. C'est-à-dire, par exemple, que pour des tôles à simple rivure de $0^m,008$ d'épaisseur et d'une charge de rupture de 26 kilogrammes, le résultat 6.71 pour un diamètre de $0^m,60$ est compté pour 6 3/4, tandis que celui 8.05, pour un diamètre de $0^m,50$ ne figure que pour 8 atmosphères.

Il serait prudent cependant de considérer les données du tableau comme des *maxima* que l'on réduirait de façon à ne procéder que par 1/2 atmosphère : 3/4 étant pris pour 1/2, 1/4 n'étant point compté.

Il va sans dire également que ces résultats concernent l'ensemble des tôles qui entrent dans la con-

struction d'une chaudière ; mais qu'il convient de donner, pour une même résistance à la rupture, un excédent d'épaisseur pour les parties du métal le plus spécialement exposées aux avaries.

Si, enfin, il était question d'augmenter l'épaisseur calculée en prévision d'amincissement des parois, etc., la formule générale

$$e = k.\frac{dN}{t} + u$$

pourrait se mettre sous la forme

$$e - u = k.\frac{dN}{t}$$

ou bien sous celle

$$N = \frac{t\,(e-u)}{k.d}$$

pour u, excédent d'épaisseur $=$ 1, 2, 3 millimètres.

D'où l'on voit que le nombre d'atmosphères cherché serait fourni par les résultats correspondant aux épaisseurs renfermées dans les tables précédentes d'après les valeurs données à u.

Soit, par exemple, (table V), une chaudière à simple rivure de $1^{m},30$ de diamètre, formée de tôles ayant $0^{m},012$ d'épaisseur et d'une charge de rupture de 28 kilogrammes, la pression calculée est 5. Si l'excédent devait être de $0^{m},002$, on se reporterait au cas analogue de la table III pour une épaisseur de $12 - 2 = 10$ et l'on trouverait la pression réduite à 4 1/4.

L'opération inverse pourrait être faite dans le cas contraire.

Les épaisseurs considérées, de $0^{m},008$ à $0^{m},016$, comprennent tous les cas de la pratique courante. Il est assez rare de rencontrer des tôles cintrées de chaudière de plus de $0^{m},016$ d'épaisseur, vu les dan-

gers qu'elles peuvent présenter et les calculs d'ailleurs s'adressent toujours, non aux tôles les plus épaisses, mais aux parois les plus minces du corps cylindrique.

Pour les cas exceptionnels de tôles d'une épaisseur inférieure à $0^m,008$, il suffirait, pour celles de 7, 6, 5, etc., millimètres, de prendre respectivement la moitié des résultats fournis par les tables et relatifs aux épaisseurs de 14, 12, 10, etc., millimètres.

S'il s'agit d'une fraction de millimètre, d'un demi-millimètre, par exemple, on prendra la demi-somme des résultats correspondant aux deux épaisseurs extrêmes de la table.

Soit à chercher le numéro du timbre à appliquer sur un récipient cylindrique de $1^m,50$ de diamètre, composé de tôles, à simple rivure, d'une épaisseur de $0^m,0105$ et possédant une résistance minima à la rupture de 26 kilogrammes.

La table III donne 3 1/4 pour $0^m,010$, et la table IV, 3 3/4 pour $0^m,011$, donc la pression sera

$$\frac{3\ 1/4 + 3\ 3/4}{2} = 3\ 1/2 \text{ atmosphères.}$$

J'ai étendu les calculs, pour les charges de rupture, depuis 24 jusqu'à 34 kilogrammes inclusivement, jugeant inutile toutefois de déterminer les cas de doubles rivures au delà de 30 kilogrammes.

Une tôle de chaudière, dont la résistance à la rupture serait inférieure à 24 kilogrammes, devrait être rejetée.

D'autre part, la circulaire ministérielle du 27 janvier 1885, interprétant le règlement actuel, prescrit, pour le cas où il s'agirait de majorer la pression de fonctionnement d'un générateur autorisé sous le régime de 1864 « de ne pas admettre, pour l'application de l'art. 35, une résistance des tôles plus grande que

31 kilogrammes dans le sens du laminage et 26 kilogrammes dans le sens perpendiculaire à celui-ci. Lorsqu'il y aura doute sur le sens suivant lequel les tôles sont cintrées, ce dernier chiffre sera adopté comme maximum ».

Dans tous les cas, ainsi que je l'ai dit, il y a lieu de considérer, pour le calcul, les parties les plus faibles de la chaudière et toute la question est de connaître, des deux charges de rupture du métal, celle qu'il convient d'adopter, sachant qu'ordinairement la résistance dans la direction des fibres est un maximum et que celle dans le sens perpendiculaire constitue un minimum.

A ce sujet, j'ai pris l'avis de M. Vinçotte, directeur de l'*Association belge pour la surveillance des chaudières à vapeur*, et dont la compétence spéciale est justement appréciée.

Selon lui, on doit prendre, pour base des calculs, la charge de rupture propre au sens des fibres, si la direction de celles-ci est bien connue et, dans le doute, la résistance minima, soit celle perpendiculaire au sens du laminage.

Mais comment reconnaître dans chaque cas la direction du laminage?

Souvent la dimension des tôles est un indice suffisant : la plus grande longueur coïncide ordinairement avec le sens des fibres et se trouve disposée normalement aux génératrices du cylindre.

Les rares exceptions, apportées à cette règle par certains industriels dans la construction des bouilleurs et des réchauffeurs, sont aisément reconnaissables par l'existence de deux tôles sur un tour entier de la circonférence.

Toutefois, en ce qui concerne spécialement les tôles du coup de feu, le fil est le plus fréquemment placé dans une direction parallèle aux génératrices, en vue

d'éviter les rivures transversales au dessus du foyer, disposition qui offre le grave inconvénient de nécessiter l'emploi de très longues tôles, dont la fibre est fortement accusée et la résistance en travers ordinairement très faible.

C'est une des principales raisons pour lesquelles M. Vinçotte conseille de donner aux tôles de foyer une surépaisseur de $0^m,002$ à $0^m,003$.

En résumé, les calculs devront s'appliquer à chacune des parties essentielles de la chaudière, d'après les indications précédentes, et le nombre minimum d'atmosphères obtenu servira au timbrage de la chaudière.

Deux des trois éléments qui, dans les formules, servent au calcul de la pression : l'épaisseur des tôles et le diamètre du cylindre, peuvent être mesurés facilement et avec précision, tandis que la connaissance de la tension développée sur les parois exige la détermination rigoureuse des charges de rupture par traction et de l'allongement par extension de *chaque* tôle, opération délicate, qui doit faire l'objet des plus grands soins de la part des intéressés.

De même que, généralement, l'acheteur assiste aux essais effectués pour la réception des diverses pièces qui entrent dans la construction d'un pont, d'une ferme, d'une toiture métallique, etc., de même il importerait bien davantage encore que le propriétaire de la chaudière fût présent lui-même ou se fît représenter lors de l'épreuve des tôles. De leur côté, les constructeurs de chaudières devraient posséder tous l'outillage nécessaire aux essais et soumettre à de nouvelles expériences toute tôle dont la résistance serait douteuse ou mal définie. Fournisseurs et acheteurs ne peuvent que gagner à de telles mesures.

Ce conseil, qui ne doit pas être interprété comme une preuve de méfiance à l'égard des fabricants de

tôles et, j'en suis persuadé, ne blessera les susceptibilités d'aucun, aurait pour effet de provoquer l'émulation parmi les producteurs, de pousser à l'amélioration constante de la qualité des matériaux et de diminuer le nombre des procès en matière de responsabilité, tout en augmentant les conditions de la sécurité publique.

L'art. 34, en ne spécifiant que les charges de rupture par extension et les allongements sous l'action d'efforts de traction, n'a en vue que les facteurs de la résistance qui interviennent dans le calcul d'une pression s'exerçant *de l'intérieur vers l'extérieur* des parois du cylindre. Or, dans les tubes pressés du dehors en dedans, comme les tubes-foyers, tubes de fumée, etc., c'est la résistance du métal à la compression et non plus à l'extension qui est mise en jeu, et, dans ce cas, de même que pour les faces planes, aucune formule n'est applicable pour déterminer la pression que le cylindre peut supporter.

Pour les parois planes, on évitera autant que possible les grandes surfaces, tout en donnant une surépaisseur convenable aux tôles qu'il conviendra de renforcer par de solides armatures.

Quant aux dispositions à prendre au sujet des tubes dont la pression agit du dehors en dedans, je crois utile de rappeler la note, en date du 10 avril 1877, de la Commission consultative des machines à vapeur en Belgique.

Lorsque le tube est de section parfaitement circulaire, la résistance à la compression intervient seule ; mais il n'en est plus de même pour peu qu'il y ait ovalisation du cylindre et, dès ce moment, c'est moins le défaut de résistance à la compression que l'aplatissement initial du tube qui expose aux dangers d'une rupture.

Deux moyens pour prévenir la déformation sont mis en œuvre par les constructeurs. Les uns augmentent de 1/3 ou 1/2 l'épaisseur donnée par la formule

$$e = 1.8\,d\,(n - 1) + 3$$

Les autres consolident les parois par des nervures extérieures placées de distance en distance. Le second semble préférable.

La description des différents dispositifs, comme la discussion des avantages et inconvénients de chacun d'eux, m'entraîneraient trop loin. Qu'il me suffise de donner la formule

$$A \times D = 1$$

que la Commission propose pour établir la relation entre le diamètre du tube et l'espacement des armatures, en mètres, sauf à prendre un chiffre supérieur ou inférieur à l'unité, selon le soin apporté à l'assemblage des tôles ainsi qu'au dispositif des armatures.

L'emploi des tubulures Galloway est également des plus recommandables pour la consolidation des tubes intérieurs. Il importe enfin que la forme circulaire initiale subsiste rigoureusement, malgré les causes multiples de la déformation de ces sortes de tubes.

Bien que les tables aient été dressées en vue spécialement de l'usage du fer, il est évident qu'elles peuvent servir également au timbrage des chaudières en cuivre ou en acier, en multipliant les résultats contenus dans les tableaux par le rapport des charges de rupture du fer à celles des autres métaux.

Ainsi, pour une chaudière de $1^m,30$ de diamètre, en tôles de cuivre, à double rivure, d'une épaisseur de $0^m,010$ et d'une charge de rupture de 20 kilogrammes par millimètre carré de section, le timbre de la pression serait (table III),

$$p = 5 \times \frac{20}{25} = 4 \text{ atmosphères.}$$

De même, pour une chaudière d'égal diamètre et de même épaisseur, en tôles d'acier fondu, à simple rivure et dont la résistance à la rupture serait de 50 kilogrammes, on trouverait, à l'aide de la même table,

$$p = 3\ 3/4 \times \frac{50}{25} = 7\ 1/2 \text{ atmosphères.}$$

Les considérations qui précèdent me paraissent suffisantes pour faire apprécier l'utilité de ces tables, dont la publication a pour but de faciliter la tâche de toutes les personnes qui interviennent dans le service si important des machines à vapeur, tant comme fabricants de tôles que comme constructeurs de chaudières, tant comme propriétaires d'appareils à vapeur que comme fonctionnaires chargés de la surveillance administrative.

TABLES

DES

PRESSIONS EN ATMOSPHÈRES

N. B. Dans les tables, le signe » est mis pour *idem*.

TABLE I. **Epaisseur de la tôle $E = 8$ m/**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOG[RAMMES]											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,6
0,50	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12
0,55	6 3/4	9 1/4	10 1/4	7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11
0,60	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10
0,65	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9
0,70	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	8	8 1/2	6	8 1/4	9
0,75	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	7	7 3/4	5 1/4	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8
0,80	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7
0,85	4 1/2	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	5	6 3/4	7
0,90	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7
0,95	4	5 1/2	5 3/4	4	5 1/2	6	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/2	6	6
1,00	3 3/4	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	4 1/4	5 3/4	6
1,05	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6
1,10	»	»	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5
1,15	3 1/4	4 1/2	4 3/4	3 1/4	»	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5
1,20	3	4 1/4	»	»	4 1/2	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	3 1/2	4 3/4	5
1,25	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5
1,30	2 3/4	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4
1,35	»	3 3/4	»	2 3/4	»	4 1/4	»	»	4 1/2	3	4 1/4	»
1,40	»	»	4	»	3 3/4	»	2 3/4	4	4 1/4	»	4	4
1,45	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	4	»	3 3/4	»	»	»	4
1,50	»	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»
1,55	»	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4
1,60	2 1/4	»	»	»	3 1/4	»	»	»	3 3/4	2 1/2	3 1/2	»
1,65	»	3	»	2 1/4	»	3 1/2	»	3 1/4	»	»	»	3
1,70	»	»	3 1/4	»	»	»	2 1/4	»	3 1/2	»	»	»
1,75	2	»	»	»	3	3 1/4	»	»	»	»	3 1/4	3
1,80	»	2 3/4	3	»	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	»
1,85	»	»	»	2	»	»	»	»	»	»	3	»
1,90	»	»	»	»	2 3/4	3	2	»	»	»	»	3
1,95	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	»
2,00	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	»
2,05	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3
2,10	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»
2,15	»	2 1/4	2 1/2	»	»	»	1 3/4	2 1/2	2 3/4	»	»	»
2,20	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2 1/2	2
2,25	»	»	»	»	2 1/4	2 1/2	»	»	»	1 3/4	»	»
2,30	1 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2,35	»	»	2 1/4	»	»	»	»	2 1/4	2 1/2	»	»	»
2,40	»	»	»	1 1/2	»	»	»	»	»	»	»	2
2,45	»	2	»	»	»	2 1/4	»	»	»	»	2 1/4	»
2,50	»	»	»	»	»	»	1 1/2	»	»	»	»	»

— Diamètres de $0^{m},50$ à $2^{m},50$.

ET PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28			29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
8 3/4	12	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 1/2	10	10 1/4	10 1/2	0,50
8	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 3/4	9	9 1/4	9 1/2	0,55
7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	8 1/4	8 1/2	8 3/4	0,60
6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 3/4	7 1/2	7 3/4	7 3/4	8	0,65
6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	0,70
5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	6 1/2	6 3/4	7	0,75
5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 1/2	0,80
5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	5 3/4	6	6 1/4	0,85
4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	7	7 3/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	5 3/4	0,90
4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	5	6 3/4	7 1/4	5	5 1/4	5 1/2	5 1/2	0,95
4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	5	5	5 1/4	1,00
»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6	6 3/4	4 1/2	4 3/4	4 3/4	5	1,05
4	5 1/2	6	4	5 1/2	6 1/4	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	4 1/2	»	4 3/4	1,10
3 3/4	5 1/1	5 3/4	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	4 1/4	4 1/2	4 1/2	1,15
3 1/2	5	5 1/2	3 3/4	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	»	4 1/4	»	1,20
»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	»	»	5	5 1/2	3 3/4	4	4	4 1/4	1,25
3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	»	5 1/4	»	3 3/4	»	4	1,30
»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	»	3 1/2	»	3 3/4	»	1,35
3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	3 1/2	»	3 3/4	1,40
»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	»	3 1/2	»	1,45
»	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	3 1/4	»	3 1/2	1,50
2 3/4	3 3/4	»	3	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	»	3 1/4	»	1,55
»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	3	3	3 1/4	1,60
»	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»	»	1,65
2 1/2	»	3 3/4	»	»	»	»	»	4	2 3/4	»	»	3	1,70
»	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	»	»	2 3/4	»	»	1,75
»	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	2 3/4	»	1,80
2 1/4	»	»	»	3 1/4	»	»	»	»	2 1/2	»	»	2 3/4	1,85
»	»	»	1 1/4	»	3 1/2	»	3 1/4	»	»	2 1/2	»	»	1,90
»	3	3 1/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	»	2 1/2	»	1,95
»	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	»	»	»	»	»	2,00
2	»	»	»	»	»	»	3	»	2 1/4	»	»	2 1/2	2,05
»	2 3/4	3	»	»	»	»	»	3 1/4	»	2 1/4	»	»	2,10
»	»	»	2	»	»	»	»	»	»	»	2 1/4	»	2,15
»	»	»	»	2 3/4	»	2	»	»	»	»	»	»	2,20
»	»	»	»	»	3	»	2 3/4	3	»	»	»	2 1/4	2,25
»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	2,30
1 3/4	»	»	»	»	2 3/4	»	»	»	»	2	»	»	2,35
»	»	»	1 3/4	2 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	2,40
»	»	»	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	2	»	2,45
»	»	2 1/2	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	»	2	2,50

TABLE II. **Epaisseur de la tôle $E = 9$ m/m.**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOGR.											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
ètres.	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60
0,50	8 1/4	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 1/2	9 1/2	13	14
0,55	7 1/2	10 1/2	11 1/2	8	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4
0,60	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3/4
0,65	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4
0,70	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10
0,75	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/[illegible]
0,80	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8	8 3/4
0,85	5	6 3/4	7 1/2	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/[illegible]
0,90	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4
0,95	4 1/2	6	7 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/[illegible]
1,00	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7
1,05	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4
1,10	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	5 3/4	6 1/[illegible]
1,15	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6	4	»	6 1/[illegible]
1,20	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6
1,25	3 1/4	4 1/2	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4
1,30	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	5 1/[illegible]
1,35	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/[illegible]
1,40	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5
1,45	»	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4
1,50	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	4 1/2	»
1,55	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	3	4	»	3	4 1/4	4 1/[illegible]
1,60	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	»	4 1/4	»	4	»
1,65	»	»	3 3/4	»	3 1/2	»	»	3 3/4	»	2 3/4	»	4 1/[illegible]
1,70	»	»	»	2 1/2	»	3 3/4	»	»	4	»	3 3/4	»
1,75	»	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4
1,80	2 1/4	»	»	»	3 1/4	3 1/2	»	»	3 3/4	2 1/2	3 1/2	»
1,85	»	3	»	2 1/4	»	»	»	3 1/4	»	»	»	3 3/4
1,90	»	»	3 1/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	»	»
1,95	»	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	»	»	3 1/4	3 1/[illegible]
2,00	2	»	»	»	»	»	»	3	»	2 1/4	»	»
2,05	»	2 3/4	3	2	»	»	»	»	3 1/4	»	»	»
2,10	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	»	»	3	3 1/[illegible]
2,15	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	»	»
2,20	»	1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	»
2,25	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	»
2,30	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3
2,35	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»
2,40	»	»	2 1/2	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»
2,45	»	2 1/4	»	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	2 3/4
2,50	»	»	»	»	»	2 1/2	»	»	»	»	2 1/2	»

Diamètres de $0^m,50$ à $2^m,50$.

PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

	28		29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
	NOMBRE d'atmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
	RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
e.	double. 0,55	0,60	simple.	double. 0,55	0,60	simple.	double. 0,55	0,60					mèt.
4	12	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 1/2	10	10 1/4	10 1/2	0,50
	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 3/4	9	9 1/4	9 1/2	0,55
4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	8 1/4	8 1/2	8 3/4	0,60
4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 3/4	7 1/2	7 3/4	7 3/4	8	0,65
4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	0,70
4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	6 1/2	6 3/4	7	0,75
2	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 1/2	0,80
	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	5 3/4	6	6 1/4	0,85
4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	7	7 3/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	5 3/4	0,90
2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	5	6 3/4	7 1/4	5	5 1/4	5 1/2	5 1/2	0,95
4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	5	5	5 1/4	1,00
	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6	6 3/4	4 1/2	4 3/4	4 3/4	5	1,05
	5 1/2	6	4	5 1/2	6 1/4	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	4 1/2	»	4 3/4	1,10
4	5 1/1	5 3/4	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	4 1/4	4 1/2	4 1/2	1,15
2	5	5 1/2	3 3/4	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	»	4 1/4	»	1,20
	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	»	»	5	5 1/2	3 3/4	4	4	4 1/4	1,25
4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	»	5 1/4	»	3 3/4	»	4	1,30
	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	»	3 1/2	»	3 3/4	»	1,35
	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	3 1/2	»	3 3/4	1,40
	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	»	3 1/2	»	1,45
	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	3 1/4	»	3 1/2	1,50
4	3 3/4	»	3	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	»	3 1/4	»	1,55
	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	3	3	3 1/4	1,60
	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»	»	1,65
2	»	3 3/4	»	»	»	»	»	4	2 3/4	»	»	3	1,70
	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	»	»	2 3/4	»	»	1,75
	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	2 3/4	»	1,80
4	»	»	»	3 1/4	»	»	»	»	2 1/2	»	»	2 3/4	1,85
	»	»	1 1/4	»	3 1/2	»	3 1/4	»	»	2 1/2	»	»	1,90
	3	3 1/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	»	2 1/2	»	1,95
	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	»	»	»	»	»	2,00
	»	»	»	»	»	»	3	»	2 1/4	»	»	2 1/2	2,05
	2 3/4	3	»	»	»	»	»	3 1/4	»	2 1/4	»	»	2,10
	»	»	2	»	»	»	»	»	»	»	2 1/4	»	2,15
	»	»	»	2 3/4	»	2	»	»	»	»	»	»	2,20
	»	»	»	»	3	»	2 3/4	3	»	»	»	2 1/4	2,25
	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	2,30
4	»	»	»	»	2 3/4	»	»	»	»	2	»	»	2,35
	»	»	1 3/4	2 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	2,40
	»	»	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	2	»	2,45
	»	2 1/2	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	»	2	2,50

TABLE II. **Epaisseur de la tôle $E = 9$**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KIL											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
ètres.	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	[illegible]
0,50	8 1/4	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 1/2	9 1/2	13	[illegible]
0,55	7 1/2	10 1/2	11 1/2	8	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	[illegible]
0,60	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	[illegible]
0,65	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	[illegible]
0,70	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	[illegible]
0,75	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	[illegible]
0,80	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8	[illegible]
0,85	5	6 3/4	7 1/2	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	[illegible]
0,90	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	[illegible]
0,95	4 1/2	6	7 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	[illegible]
1,00	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	[illegible]
1,05	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	[illegible]
1,10	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	5 3/4	[illegible]
1,15	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6	4	»	[illegible]
1,20	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	[illegible]
1,25	3 1/4	4 1/2	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	[illegible]
1,30	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	[illegible]
1,35	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	[illegible]
1,40	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	[illegible]
1,45	»	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	[illegible]
1,50	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	4 1/2	[illegible]
1,55	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	3	4	»	3	4 1/4	[illegible]
1,60	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	»	4 1/4	»	4	[illegible]
1,65	»	»	3 3/4	»	3 1/2	»	»	3 3/4	»	2 3/4	»	[illegible]
1,70	»	»	»	2 1/2	»	3 3/4	»	»	4	»	3 3/4	[illegible]
1,75	»	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	[illegible]
1,80	2 1/4	»	»	»	3 1/4	3 1/2	»	»	3 3/4	2 1/2	3 1/2	[illegible]
1,85	»	3	»	2 1/4	»	»	»	3 1/4	»	»	»	[illegible]
1,90	»	»	3 1/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	»	[illegible]
1,95	»	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	»	»	3 1/4	[illegible]
2,00	2	»	»	»	»	»	»	3	»	2 1/4	»	[illegible]
2,05	»	2 3/4	3	2	»	»	»	»	3 1/4	»	»	[illegible]
2,10	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	»	»	3	[illegible]
2,15	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	»	[illegible]
2,20	»	1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	[illegible]
2,25	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	[illegible]
2,30	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	[illegible]
2,35	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
2,40	»	»	2 1/2	»	»	»	»	2 1/2	2 3/4	»	»	[illegible]
2,45	»	2 1/4	»	»	»	»	1 3/4	»	»	»	»	[illegible]
2,50	»	»	»	»	»	2 1/2	»	»	»	»	2 1/2	[illegible]

Diamètres de 0m,50 à 2m,50.

PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28		29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE d'atmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
13 1/2	14 3/4	10	14	15	10 1/2	14 1/2	15 3/4	10 3/4	11 1/4	11 1/2	11 3/4	0,50
12 1/4	13 1/4	9 1/4	12 3/4	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	10 1/4	10 1/2	10 3/4	0,55
11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	13	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	0,60
10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/4	8 1/2	8 3/4	9	0,65
9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	0,70
9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	0,75
8 1/2	9 1/4	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	0,80
8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	6 1/2	6 3/4	7	0,85
7 1/2	8 1/2	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 3/4	0,90
7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	5 3/4	6	6 1/4	0,95
6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	6	1,00
6 1/2	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	5 1/4	5 1/2	5 3/4	1,05
6	6 3/4	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	5	5 1/4	5 1/2	1,10
5 3/4	6 1/4	"	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	4 3/4	5	5 1/4	1,15
5 1/2	"	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	"	4 3/4	5	1,20
5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	"	5 3/4	6 1/4	4 1/4	4 1/2	4 1/2	4 3/4	1,25
"	"	"	5 1/4	"	4	5 1/2	6	"	4 1/4	"	"	1,30
5	5 1/2	3 3/4	"	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	"	4 1/4	4 1/2	1,35
4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	"	"	"	5 1/2	3 3/4	4	4	4 1/4	1,40
4 1/2	5	"	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	"	"	3 3/4	"	"	1,45
"	"	3 1/4	"	5	"	4 3/4	5 1/4	3 1/2	"	3 3/4	4	1,50
4 1/4	4 3/4	"	4 1/2	4 3/4	3 1/4	"	5	"	3 1/2	"	3 3/4	1,55
"	4 1/2	"	4 1/4	"	"	4 1/2	"	"	"	3 1/2	"	1,60
4	"	3	"	4 1/2	"	4 1/4	4 3/4	3 1/4	"	"	3 1/2	1,65
"	4 1/4	"	4	"	3	"	4 1/2	"	3 1/4	"	"	1,70
3 3/4	"	"	"	4 1/4	"	4	"	3	"	3 1/4	"	1,75
"	4	2 3/4	3 3/4	"	"	"	4 1/4	"	3	"	3 1/4	1,80
"	"	"	"	4	2 3/4	"	"	"	"	3	"	1,85
3 1/2	3 3/4	"	"	"	"	3 3/4	"	2 3/4	"	"	3	1,90
"	"	2 1/2	3 1/2	"	"	"	4	"	2 3/4	"	"	1,95
3 1/4	"	"	"	3 3/4	2 1/2	3 1/2	"	"	"	"	"	2,00
"	3 1/2	"	"	"	"	"	3 3/4	"	"	2 3/4	"	2,05
"	"	"	3 1/4	3 1/2	"	"	"	2 1/2	"	"	2 3/4	2,10
3	"	2 1/4	"	"	"	3 1/4	"	"	2 1/2	"	"	2,15
"	3 1/4	"	"	"	"	"	3 1/2	"	"	2 1/2	"	2,20
"	"	"	3	3 1/4	2 1/4	"	"	"	"	"	"	2,25
"	"	"	"	"	"	"	"	2 1/4	"	"	2 1/2	2,30
2 3/4	3	"	"	"	"	3	3 1/4	"	2 1/4	"	"	2,35
"	"	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2,40
"	"	"	2 3/4	3	"	"	"	"	"	2 1/4	"	2,45
"	"	"	"	"	2	"	"	"	"	"	2 1/4	2,50

TABLE III. **Epaisseur de la tôle $E = 10$** [illegible]

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILO[illegible]											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	[illegible]
0,50	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	14	15	10 1/2	14 1/2	[illegible]
0,55	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 3/4	12	13 1/4	9 1/4	12 3/4	13 3/4	9 1/2	13	[illegible]
0,60	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/2	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	[illegible]
0,65	7 1/4	9 3/4	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	[illegible]
0,70	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	[illegible]
0,75	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	[illegible]
0,80	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	[illegible]
0,85	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	[illegible]
0,90	5 1/4	7	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	[illegible]
0,95	5	6 3/4	7 1/4	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	[illegible]
1,00	4 3/4	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	[illegible]
1,05	4 1/2	6	6 3/4	4 1/2	6 1/4	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	[illegible]
1,10	4 1/4	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	[illegible]
1,15	4	5 1/2	6	4 1/4	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	[illegible]
1,20	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	4 1/4	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	[illegible]
1,25	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	[illegible]
1,30	3 1/2	»	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	[illegible]
1,35	»	4 3/4	»	3 1/2	»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	[illegible]
1,40	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	»	»	»	[illegible]
1,45	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	[illegible]
1,50	3	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	»	5	»	4 3/4	[illegible]
1,55	3	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	4 1/2	4 3/4	3 1/4	»	[illegible]
1,60	»	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	4 1/2	[illegible]
1,65	2 3/4	3 3/4	»	»	4	»	3	»	4 1/2	»	4 1/4	[illegible]
1,70	»	»	4	»	»	4 1/4	»	4	»	3	»	[illegible]
1,75	»	»	»	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	4	[illegible]
1,80	3 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	[illegible]
1,85	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	»	[illegible]
1,90	»	3 1/4	»	»	»	3 3/4	»	»	»	»	3 3/4	[illegible]
1,95	»	»	3 1/2	»	»	»	»	3 1/2	3 3/4	»	»	[illegible]
2,00	2 1/4	»	»	»	3 3/4	»	2 1/2	»	»	2 1/2	3 1/2	[illegible]
2,05	»	3	»	2 1/4	»	3 1/2	»	»	»	»	»	[illegible]
2,10	»	»	3 1/4	»	»	»	»	3 1/4	3 1/2	»	»	[illegible]
2,15	»	»	»	»	3	»	2 1/4	»	»	»	3 1/4	[illegible]
2,20	2	»	»	»	»	3 1/4	»	»	»	»	»	[illegible]
2,25	»	2 3/4	3	»	»	»	»	3	3 1/4	2 1/4	»	[illegible]
2,30	»	»	»	2	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
2,35	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	»	»	3	[illegible]
2,40	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	»	[illegible]
2,45	»	2 1/2	2 3/4	»	»	»	»	2 3/4	3	»	»	[illegible]
2,50	1 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	[illegible]

– Diamètres de $0^m,50$ à $2^m,50$.

ET PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.													DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
28			29			30			31	32	33	34	
NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
imple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
2	16 1/2	18	12 1/4	17	18 1/2	12 3/4	17 1/2	19 1/4	13 1/4	13 3/4	14	14 1/2	0,50
0 3/4	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/2	12 3/4	13 1/4	0,55
0	13 3/4	15	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	14 3/4	16	11	11 1/4	11 3/4	12	0,60
9 1/4	12 1/2	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	13 1/2	14 3/4	10 1/4	10 1/2	10 3/4	11 1/4	0,65
8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	12 1/4	13 1/4	9 1/4	12 1/2	13 3/4	9 1/2	9 3/4	10	10 1/4	0,70
8	11	12	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	9	9 1/4	9 3/4	0,75
7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	8 1/2	8 3/4	9	0,80
7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	0,85
6 1/2	9	10	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7	9 3/4	10 3/4	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	0,90
6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	7 1/4	7 1/2	7 3/4	0,95
6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 1/2	6 3/4	7	7 1/4	1,00
5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8	8 3/4	6	8 1/4	9 1/4	6 1/4	6 1/2	6 3/4	7	1,05
5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 1/2	6	6 1/4	6 1/2	6 1/2	1,10
5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/4	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	6	6	6 1/4	1,15
5	6 3/4	7 1/2	»	7	7 3/4	4 1/4	7 3/4	8	5 1/2	5 3/4	5 3/4	6	1,20
4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5	7	7 3/4	5 1/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	1,25
4 1/2	6 1/4	7	4 3/4	6 1/2	7	»	6 3/4	7 1/4	5	5 1/4	»	5 1/2	1,30
»	6	6 3/4	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	»	5	5 1/4	5 1/4	1,35
4 1/4	5 3/4	6 1/2	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	4 3/4	5	»	1,40
4	»	6 1/4	4 1/4	5 3/4	»	»	6	6 1/2	4 1/2	»	4 3/4	5	1,45
»	5 1/2	6	4	»	6 1/4	4 1/4	5 3/4	»	»	4 1/2	»	4 3/4	1,50
3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6	4	»	6 1/4	4 1/4	»	4 1/2	»	1,55
»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6	4	4 1/4	»	4 1/2	1,60
3 1/2	»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	4 1/4	»	1,65
»	4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	5 1/2	3 3/4	4	»	4 1/4	1,70
»	»	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	4	»	1,75
3 1/4	4 1/2	»	»	»	»	3 1/2	»	5 1/4	»	3 3/4	»	4	1,80
»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	»	3 1/2	»	3 3/4	»	1,85
»	4 1/4	»	»	»	»	3 1/4	4 1/2	5	»	»	»	3 3/4	1,90
3	»	4 1/2	»	4 1/4	4 3/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	1,95
»	4	»	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	3 1/2	»	3 1/2	2,00
»	»	4 1/4	»	4	4 1/2	3	4 1/4	»	»	»	»	»	2,05
2 3/4	»	»	»	»	»	»	»	4 1/2	»	»	3 1/4	»	2,10
»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	4	»	3	3 1/4	»	3 1/4	2,15
»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	»	»	»	2,20
»	»	»	»	»	4	2 3/4	»	»	»	3	3	»	2,25
2 1/2	3 1/2	»	»	»	»	»	3 3/4	»	2 3/4	»	»	»	2,30
»	»	3 3/4	»	3 1/2	»	»	»	4	»	»	»	3	2,35
»	»	»	2 1/2	»	3 3/4	»	»	»	»	2 3/4	»	»	2,40
»	3 1/4	»	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	2 3/4	»	2,45
»	»	3 1/2	»	»	»	»	»	3 3/4	»	»	»	»	2,50

TABLE V. **Epaisseur de la tôle $E = 12\ ^m/_m$**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MININA DE RUPTURE, EN KILOGR.											
	24			**25**			**26**			**27**		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60
0,50	11 1/4	15 1/4	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	16 1/2	18	12 1/2	17 1/4	18 3/4
0,55	10 1/4	14	15 1/4	10 1/2	14 1/2	15 3/4	11	15	16 1/2	11 1/2	15 3/4	17
0,60	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 3/4
0,65	8 1/2	11 3/4	12 3/4	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2
0,70	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12 1/2	8 1/2	11 3/4	13	9	12 1/4	13 1/2
0,75	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12 1/2
0,80	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3/4
0,85	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7	9 3/4	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11
0,90	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2
0,95	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/2	9 1/4	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	10
1,00	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2
1,05	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9
1,10	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2
1,15	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4
1,20	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	7 3/4
1,25	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2
1,30	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4
1,35	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	»	7
1,40	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4
1,45	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	5 3/4	6 1/2
1,50	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	»	6 1/4
1,55	3 1/2	»	»	»	»	5 1/2	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6
1,60	»	4 3/4	5 1/4	»	5	»	3 3/4	»	»	»	»	»
1,65	»	»	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4
1,70	3 1/4	4 1/2	»	»	»	5	3 1/2	»	5 1/4	»	5	5 1/2
1,75	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»	»	4 3/4	»	3 1/2	»	»
1,80	»	4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4
1,85	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»	»	»	5
1,90	2	4	»	3	»	4 1/2	»	4 1/4	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»
1,95	2 3/4	»	4 1/4	»	4	»	3	»	»	»	»	4 3/4
2,00	»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»
2,05	»	»	4	2 3/4	»	»	»	4	»	3	»	4 1/2
2,10	»	»	»	»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	4	»
2,15	3 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»
2,20	»	»	3 3/4	»	»	»	»	»	4	2 3/4	»	4 1/4
2,25	»	»	»	2 1/2	3 1/2	3 3/4	»	»	»	»	3 3/4	»
2,30	»	3 1/4	»	»	»	»	»	3 1/2	»	»	»	4
2,35	2 1/4	»	3 1/2	»	»	»	2 1/2	»	3 3/4	»	»	»
2,40	»	»	»	»	3 1/4	»	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»
2,45	»	»	»	2 1/4	»	3 1/2	»	»	»	»	»	3 3/4
2,50	»	3	3 1/4	»	»	»	»	3 1/4	3 1/2	»	»	»

iamètres de $0^m,50$ à $2^m,50$.

AR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28		29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE tmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
double. 0,55	double. 0.60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
16 1/2	18	12 1/4	17	18 1/2	12 3/4	17 1/2	19 1/4	13 1/4	13 3/4	14	14 1/2	0,50
15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/2	12 3/4	13 1/4	0,55
13 3/4	15	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	14 3/4	16	11	11 1/4	11 3/4	12	0,60
12 1/2	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	13 1/2	14 3/4	10 1/4	10 1/2	10 3/4	11 1/4	0,65
11 3/4	12 3/4	8 3/4	12 1/4	13 1/4	9 1/4	12 1/2	13 3/4	9 1/2	9 3/4	10	10 1/4	0,70
11	12	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	9	9 1/4	9 3/4	0,75
10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	8 1/2	8 3/4	9	0,80
9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	0,85
9	10	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7	9 3/4	10 3/4	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	0,90
8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	7 1/4	7 1/2	7 3/4	0,95
8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 1/2	6 3/4	7	7 1/4	1,00
7 3/4	8 1/2	6	8	8 3/4	6	8 1/4	9 1/4	6 1/4	6 1/2	6 3/4	7	1,05
7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 1/2	6	6 1/4	6 1/2	6 1/2	1,10
7 1/4	7 3/4	5 1/4	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	6	6	6 1/4	1,15
6 3/4	7 1/2	"	7	7 3/4	4 1/4	7 3/4	8	5 1/2	5 3/4	5 3/4	6	1,20
6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5	7	7 3/4	5 1/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	1,25
6 1/4	7	4 3/4	6 1/2	7	"	6 3/4	7 1/4	5	5 1/4	"	5 1/2	1,30
6	6 3/4	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	"	5	5 1/4	5 1/4	1,35
5 3/4	6 1/2	"	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	4 3/4	5	"	1,40
"	6 1/4	4 1/4	5 3/4	"	"	6	6 1/2	4 1/2	"	4 3/4	5	1,45
5 1/2	6	4	"	6 1/4	4 1/4	5 3/4	"	"	4 1/2	"	4 3/4	1,50
5 1/4	5 3/4	"	5 1/2	6	4	"	6 1/4	4 1/4	"	4 1/2	"	1,55
5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	"	5 1/2	6	4	4 1/4	"	4 1/2	1,60
"	"	"	"	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	"	"	4 1/4	"	1,65
4 3/4	5 1/4	"	5	"	"	"	5 1/2	3 3/4	4	"	4 1/4	1,70
"	5	3 1/2	4 3/4	5 1/4	"	5	"	"	"	4	"	1,75
4 1/2	"	"	"	"	3 1/2	"	5 1/4	"	3 3/4	"	4	1,80
"	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	"	4 3/4	"	3 1/2	"	3 3/4	"	1,85
4 1/4	"	"	"	"	3 1/4	4 1/2	5	"	"	"	3 3/4	1,90
"	4 1/2	"	4 1/4	4 3/4	"	"	"	"	"	3 1/2	"	1,95
4	"	3	"	"	"	"	4 3/4	3 1/4	3 1/2	"	3 1/2	2,00
"	4 1/4	"	4	4 1/2	3	4 1/4	"	"	"	"	"	2,05
"	"	"	"	"	"	"	4 1/2	"	"	3 1/4	"	2,10
3 3/4	"	"	"	4 1/4	"	4	"	3	3 1/4	"	3 1/4	2,15
"	4	2 3/4	3 3/4	"	"	"	4 1/4	"	"	"	"	2,20
"	"	"	"	4	2 3/4	"	"	"	3	3	"	2,25
3 1/2	"	"	"	"	"	3 3/4	"	2 3/4	"	"	"	2,30
"	3 3/4	"	3 1/2	"	"	"	4	"	"	"	3	2,35
"	"	2 1/2	"	3 3/4	"	"	"	"	2 3/4	"	"	2,40
3 1/4	"	"	"	"	2 1/2	3 1/2	"	"	"	2 3/4	"	2,45
"	3 1/2	"	"	"	"	"	3 3/4	"	"	"	"	2,50

TABLE VI. **Epaisseur de la tôle E = 13 m/[illegible]**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOGR											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60
0,50	12	16 1/2	18	12 1/2	17 1/4	19	13	18	19 3/4	13 1/2	18 3/4	20 [illegible]
0,55	11	15	16 1/2	11 1/2	15 3/4	17 1/4	12	16 1/4	17 3/4	12 1/4	17	18 [illegible]
0,60	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 3/4	11	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	17
0,65	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 [illegible]
0,70	8 3/4	11 3/4	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 [illegible]
0,75	8	11	12	8 1/2	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 [illegible]
0,80	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 [illegible]
0,85	7	9 3/4	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12
0,90	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11 [illegible]
0,95	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 [illegible]
1,00	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10 [illegible]
1,05	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	9	9 [illegible]
1,10	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 [illegible]
1,15	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/9	8 1/2	6	8 1/4	9
1,20	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 [illegible]
1,25	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 [illegible]
1,30	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 [illegible]
1,35	4 1/2	6 1/4	6 3/9	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 [illegible]
1,40	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 [illegible]
1,45	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7
1,50	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	»
1,55	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	»	6	6 [illegible]
1,60	3 3/4	»	»	»	»	»	4	5 1/2	»	4 1/4	5 3/4	6 [illegible]
1,65	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	6	4	»	»
1,70	3 1/2	»	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6
1,75	»	4 3/4	»	3 1/2	»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 [illegible]
1,80	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	»
1,85	»	»	»	»	»	5	3 1/2	»	5 1/4	»	5	5 [illegible]
1,90	»	4 1/4	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»	»	4 3/4	»	3 1/2	»	»
1,95	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	»	5	»	4 3/4	5 [illegible]
2,00	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	»	»	5
2,05	»	4	»	3	»	4 1/2	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»
2,10	»	»	4 1/4	»	4	»	3	4 1/4	»	»	»	4 [illegible]
2,15	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»
2,20	»	»	4	2 3/4	»	4 1/4	»	4	»	3	»	»
2,25	»	»	»	»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	4	4 [illegible]
2,30	»	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»
2,35	2 1/2	»	3 3/4	»	»	»	»	»	»	»	»	4 [illegible]
2,40	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»
2,45	»	»	»	»	»	3 3/4	»	»	»	»	»	»
2,50	»	3 1/4	3 1/2	»	»	»	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4

iamètres de $0^m,50$ à $2^m,50$.

AR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28		29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE tmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
18	19 1/2	13 1/2	18 1/2	20 1/4	14	19 1/4	21	14 1/2	14 3/4	15 1/4	15 3/4	0,50
16 1/4	17 3/4	12 1/4	16 3/4	18 1/2	12 3/4	17 1/2	19	13	13 1/2	14	14 1/4	0,55
15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/2	12 3/4	13 1/4	0,60
13 3/4	15	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	14 3/4	16	11	11 1/4	11 3/4	12 1/4	0,65
12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/4	10 1/2	11	11 1/4	0,70
12	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 1/2	10	10 1/4	10 1/2	0,75
11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 3/4	12	13	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	0,80
10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	8 3/4	9	9 1/4	0,85
10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	8 1/4	8 1/2	8 3/4	0,90
9 1/2	10 1/4	7	9 3/4	10 3/4	7 1/4	10	11	7 1/2	7 3/4	8	8 1/4	0,95
9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	1,00
8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	1,05
8 1/4	8 3/4	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/4	8 1/2	9 1/2	6 1/2	6 3/4	7	7 1/4	1,10
7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	6 1/2	6 3/4	6 3/4	1,15
7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 1/2	1,20
7 1/4	7 3/4	"	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	6	6 1/4	6 1/4	1,25
7	7 1/2	5 1/4	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	5 3/4	6	6	1,30
6 3/4	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	"	7	7 3/4	5 1/4	5 1/2	5 3/4	5 3/4	1,35
6 1/3	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	"	5 1/4	5 1/2	"	1,40
6 1/4	6 3/4	"	"	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	"	5 1/4	5 1/2	1,45
6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	"	"	7	4 3/4	5	5	5 1/4	1,50
5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	"	4 3/4	"	5	1,55
5 1/2	6	"	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	"	4 3/4	"	1,60
"	"	4	5 1/2	"	"	5 3/4	6 1/4	4 1/4	4 1/2	"	4 3/4	1,65
5 1/4	5 3/4	"	"	6	4	5 1/2	"	"	4 1/4	4 1/2	"	1,70
5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	"	"	6	4	"	"	4 1/2	1,75
"	"	"	"	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	"	"	4 1/4	"	1,80
4 3/4	5 1/4	"	5	"	"	"	"	"	4	"	4 1/4	1,85
"	"	3 1/2	"	5 1/4	"	5	5 1/2	3 3/4	"	4	"	1,90
4 1/2	5	"	4 3/4	"	3 1/2	"	"	"	3 3/4	"	4	1,95
"	"	3 1/4	"	5	"	4 3/4	5 1/4	3 1/2	"	3 3/4	"	2,00
4 1/4	4 3/4	"	4 1/2	"	"	"	"	"	"	"	3 3/4	2,05
"	"	"	"	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	"	3 1/2	"	"	2,10
"	4 1/2	"	4 1/4	"	"	"	"	3 1/4	"	3 1/2	"	2,15
4	"	3	"	4 1/2	"	4 1/4	4 3/4	"	"	"	3 1/2	2,20
"	4 1/4	"	4	"	3	"	"	"	3 1/4	"	"	2,25
"	"	"	"	"	"	"	4 1/2	"	"	3 1/4	"	2,30
3 3/4	"	2 3/4	"	4 1/4	"	4	"	3	"	"	3 1/4	2,35
"	4	"	3 3/4	"	"	"	4 1/4	"	3	"	"	2,40
"	"	"	"	4	2 3/4	"	"	"	"	"	"	2,45
3 1/2	"	"	"	"	"	3 3/4	"	"	"	3	"	2,50

TABLE VII. **Epaisseur de la tôte $E = 14$ m/**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOGR											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60
0,50	13	18	19 1/2	13 1/2	18 3/4	20 1/2	14	19 1/2	21 1/4	14 3/4	20 1/4	22
0,55	11 3/4	16 1/4	17 3/4	12 1/4	17	18 1/2	12 3/4	17 1/2	19 1/4	13 1/4	18 1/4	20
0,60	10 3/4	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	17	11 3/4	16 1/4	17 1/2	12 1/4	16 3/4	18 1
0,65	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 3/4	10 3/4	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	17
0,70	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 3
0,75	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 1/2	9 1/2	13	14	9 3/4	13 1/2	14 3
0,80	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	12	13 1/4	9 1/4	12 1/2	13 3
0,85	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12 1/2	8 1/2	11 3/4	13
0,90	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1
0,95	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 1/2	11 1
1,00	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10 1/4	7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11
1,05	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1
1,10	6	8 1/4	8 3/4	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 3/4	9 1/4	10
1,15	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1
1,20	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/2	9 1
1,25	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 1/4	»	7 3/4	8 1/2	»	8	8 3
1,30	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1
1,35	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8 1
1,40	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3
1,45	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1
1,50	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	»	»	6 1/2	7	»	6 3/4	7 1
1,55	»	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7
1,60	4	5 1/2	6	4 1/4	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3
1,65	»	»	»	»	»	»	»	5 3/4	»	»	6	»
1,70	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	4 1/4	»	6 1/4	4 1/4	»	6 1
1,75	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1
1,80	3 1/2	»	»	»	»	»	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6
1,85	»	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	»	»	»	»	»
1,90	»	»	»	3 1/2	»	»	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3
1,95	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	5 1/4	3 1/2	»	»	»	»	»
2,00	»	»	»	»	»	5	»	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1
2,05	»	4 1/4	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»	»	»	»	3 1/2	»	5 1
2,10	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	3 3/4	»
2,15	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»	»	»	5
2,20	»	4	»	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»
2,25	»	»	4 1/4	»	4	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»
2,30	2 3/4	»	»	»	»	»	3	»	4 1/2	»	»	4 3
2,35	»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	4	»	3	4 1/4	»
2,40	»	»	4	2 3/4	3 3/4	»	»	»	»	»	»	4 1
2,45	»	»	»	»	»	»	»	»	4 1/4	»	4	»
2,50	2 1/2	3 1/2	»	»	»	4	2 3/4	»	»	»	»	»

iamètres de $0^m,50$ à $2^m,50$.

'AR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28		29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE atmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
double. 0,55	0,60	simple.	double. 0,55	0,60	simple.	double. 0,55	0,60					mèt.
19 1/2	21 1/4	14 1/2	20	22	15	20 3/4	22 3/4	15 1/2	16	16 1/2	17	0,50
17 1/2	19 1/4	13 1/4	18 1/4	20	13 3/4	19	20 1/2	14 1/4	14 3/4	15	15 1/2	0,55
16 1/4	17 1/2	12 1/4	16 3/4	18 1/4	12 1/2	17 1/4	19	13	13 1/2	13 3/4	14 1/4	0,60
15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/2	12 3/4	13 1/4	0,65
13 3/4	15	10 1/2	14 1/4	15 3/4	10 3/4	14 3/4	16 1/4	11 1/4	11 1/2	11 3/4	12 1/4	0,70
13	14	9 3/4	13 1/2	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	10 3/4	11	11 1/2	0,75
12	13 1/4	9	12 1/2	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	10	10 1/2	10 3/4	0,80
11 1/2	12 1/2	8 1/2	11 3/4	13	8 3/4	12 1/4	13 1/4	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10	0,85
10 3/4	11 3/4	8	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 1/2	8 3/4	9	9 1/4	9 1/2	0,90
10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	8 1/2	8 3/4	9	0,95
9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	1,00
9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	7 3/4	8	8 1/4	1,05
8 3/4	9 1/2	6 3/4	9 1/4	10	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7	7 1/4	7 1/2	7 3/4	1,10
8 1/2	9 1/4	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	7	7 1/4	7 1/2	1,15
8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	6 3/4	7	7 1/4	1,20
7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	6 1/2	6 3/4	7	1,25
7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	6 1/2	6 3/4	1,30
7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	6	6 1/4	6 1/2	1,35
7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8	5 1/2	5 3/4	6	6 1/4	1,40
6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	5 1/4	5 1/2	5 3/4	6	1,45
6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1/2	»	5 1/4	5 1/2	5 3/4	1,50
6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	»	5 1/4	5 1/2	1,55
6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	»	5	»	»	1,60
5 3/4	»	»	6	»	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	»	5	5 1/4	1,65
»	6 1/4	4 1/4	»	6 1/2	»	6	»	4 1/2	4 3/4	»	5	1,70
5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	»	6 1/2	»	4 1/2	4 3/4	»	1,75
5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	»	4 1/2	4 3/4	1,80
»	»	»	»	»	4	5 1/2	6	»	4 1/4	»	4 1/2	1,85
5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	4	»	4 1/4	»	1,90
»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	4 1/4	1,95
4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	»	»	4	»	»	2,00
»	»	3 1/2	»	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	»	4	»	2,05
4 1/2	5	»	4 3/4	»	3 1/2	»	»	»	3 3/4	»	4	2,10
»	»	»	»	5	»	4 3/4	5 1/4	»	»	3 3/4	»	2,15
»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»	»	»	»	3 1/2	3 1/2	»	»	2,20
4 1/4	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	»	»	3 3/4	2,25
»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»	»	»	3 1/2	»	2,30
4	»	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	»	»	»	2,35
»	»	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	3 1/4	»	3 1/2	2,40
»	4 1/4	»	4	»	3	»	4 1/2	»	»	»	»	2,45
»	»	»	»	»	»	»	»	3	»	3 1/4	»	2,50

TABLE VIII. **Epaisseur de la tôle *E* = 15 m/**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOG											
	24			25			26			27		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60
394												
0,50	14	19 1/4	21	14 1/2	20	21 3/4	15	20 3/4	22 3/4	15 3/4	21 1/2	23 1
0,55	12 3/4	17 1/2	19	13 1/4	18 1/4	19 3/4	13 3/4	19	20 1/2	14 1/4	19 1/2	21 1
0,60	11 1/2	16	17 1/2	12	16 3/4	18 1/4	12 1/2	17 1/4	19	13	18	19 1
0,65	10 3/4	14 3/4	16	11 1/4	15 1/4	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	16 1/2	18
0,70	10	13 3/4	15	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	14 3/4	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3
0,75	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15 3
0,80	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 1/2	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	13 1/2	14 3
0,85	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4	9	12 1/4	13 1/4	9 1/4	12 3/4	13 3
0,90	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/2	11 1/2	12 1/2	8 3/4	12	13
0,95	7 1/4	10	11	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/4	12 [illegible]
1,00	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3
1,05	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1
1,10	6 1/4	8 1/2	9 1/2	6 1/2	9	10	6 3/4	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 3
1,15	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10 1
1,20	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1/2	6 1/2	9	9 3
1,25	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 3/4	9 1
1,30	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9
1,35	»	7	7 3/4	»	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3
1,40	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	8 1
1,45	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8
1,50	»	»	7	4 3/4	»	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	»	7 3
1,55	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	6 3/4	7 1/4	5	7	7 1
1,60	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	»	6 3/4	7 1
1,65	»	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	»
1,70	4	5 1/2	»	4 1/4	5 3/4	»	»	6	»	4 1/2	6 1/4	7
1,75	»	»	6	»	»	6 1/4	4 1/4	»	6 1/2	»	»	6 3
1,80	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1
1,85	»	»	»	»	»	»	4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1
1,90	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	»	»	»
1,95	3 1/2	»	»	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6
2,00	»	4 3/4	5 1/4	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2,05	»	»	»	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3
2,10	3 1/4	4 1/2	5	»	»	»	3 1/2	»	»	»	»	5 1
2,15	»	»	»	»	»	5	»	4 3/4	5 1/4	»	5	»
2,20	»	4 1/4	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»	»	»	»	3 1/2	»	5 1
2,25	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	5	»	4 3/4	»
2,30	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»	»	»	5
2,35	»	4	»	3	»	»	»	»	4 3/4	3 1/4	4 1/2	»
2,40	»	»	4 1/4	»	»	4 1/2	»	4 1/4	»	»	»	»
2,45	2 3/4	»	»	»	4	»	3	»	4 1/2	»	»	4 3
2,50	»	3 3/4	»	»	»	4 1/4	»	»	»	»	4 1/4	»

Diamètres de 0m,50 à 2m,50.

… PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.													DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
	28		29			30			31	32	33	34	
	NOMBRE d'atmosphères.		NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
	RIVURE		RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
ple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
95													
1/4	22 1/4	24 1/2	16 3/4	23 1/4	25 1/4	17 1/2	24	26 1/4	18	18 1/2	19 1/4	19 3/4	0,50
3/4	20 1/4	22 1/4	15 1/4	21	23	15 3/4	21 3/4	23 3/4	16 1/4	17	17 1/2	18	0,55
1/2	18 3/4	20 1/4	14	19 1/4	21	14 1/2	20	21 3/4	15	15 1/2	16	16 1/2	0,60
1/2	17 3/4	18 3/4	13	17 3/4	19 1/2	13 1/2	18 1/2	20	13 3/4	14 1/4	14 3/4	15 1/4	0,65
1/2	16	17 1/2	12	16 1/2	18	12 1/2	17 1/4	18 3/4	12 3/4	13 1/4	13 3/4	14	0,70
3/4	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/4	12 3/4	13 1/4	0,75
1/4	14	15 1/4	10 1/2	14 1/2	15 3/4	11	15	16 1/4	11 1/4	11 1/2	12	12 1/4	0,80
1/2	13	14 1/4	10	13 1/2	14 3/4	10 1/4	14	15 1/4	10 1/2	11	11 1/4	11 1/2	0,85
	12 1/2	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	10 1/4	10 3/4	11	0,90
1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	12 1/4	13 1/4	9 1/4	12 1/2	13 3/4	9 1/2	9 3/4	10	10 1/2	0,95
1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 3/4	12	13	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	1,00
3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12 1/2	8 1/2	8 3/4	9 1/4	9 1/2	1,05
1/2	10 1/4	11	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12	8 1/4	8 1/2	8 1/2	9	1,10
	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	1,15
3/4	9 1/4	10 1/4	7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	7 3/4	8	8 1/4	1,20
1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	1,25
1/4	8 1/2	9 1/2	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	7 1/4	7 1/4	7 1/2	1,30
	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	7	7	7 1/4	1,35
3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	6 3/4	6 3/4	7	1,40
1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	6 1/2	6 1/2	6 3/4	1,45
»	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	»	6 1/2	1,50
1/4	7 1/4	7 3/4	»	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	6	6 1/4	6 1/4	1,55
	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	8	»	7 1/2	8 1/4	»	5 3/4	6	»	1,60
»	6 3/4	»	5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	»	5 3/4	6	1,65
3/4	6 1/2	7 1/4	»	6 3/4	7 1/2	5	7	7 3/4	5 1/4	5 1/2	5 1/2	5 3/4	1,70
»	»	7	4 3/4	6 1/2	7 1/4	»	6 3/4	7 1/2	»	5 1/4	»	»	1,75
1/2	6 1/4	6 3/4	»	»	7	4 3/4	»	7 1/4	5	»	5 1/4	5 1/2	1,80
»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	4 3/4	5	»	5 1/4	1,85
1/4	»	»	»	6	»	4 1/2	6 1/4	»	»	»	5	»	1,90
»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	»	6 1/2	»	»	6 3/4	4 1/2	4 3/4	»	5	1,95
	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	»	»	4 3/4	»	2,00
»	»	»	4	»	»	»	5 3/4	6 1/4	»	4 1/2	»	4 3/4	2,05
3/4	5 1/4	5 3/4	»	5 1/2	6	»	»	»	4 1/4	»	4 1/2	»	2,10
»	»	»	»	»	»	4	5 1/2	6	»	4 1/4	»	4 1/2	2,15
»	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	4	»	4 1/4	»	2,20
1/2	»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	»	2,25
»	4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	»	»	4	»	4 1/4	2,30
»	»	»	3 1/2	»	»	»	5	5 1/2	3 3/4	»	4	»	2,35
»	»	5	»	4 3/4	5 1/4	»	»	»	»	3 3/4	»	»	2,40
1/4	4 1/2	»	»	»	»	3 1/2	4 3/4	5 1/4	»	»	»	4	2,45
	»	»	3 1/4	»	5	»	»	»	3 1/2	»	3 3/4	»	2,50

TABLE XI. **Epaisseur de la tôle E = 16 m**

DIAMÈTRE DU CYLINDRE.	CHARGE MINIMA DE RUPTURE, EN KILOG											
	24			**25**			**26**			**27**		
	NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.		
	RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE		
	simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.		simple.	double.	
mètres.		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,60		0,55	0,6
0,50	14 3/4	20 1/2	22 1/4	15 1/2	21 1/4	23 1/4	16	22 1/4	24 1/4	16 3/4	23	25
0,55	13 1/2	18 1/2	20 1/4	14	19 1/4	21	14 3/4	20 1/4	22	15 1/4	21	22
0,60	12 1/2	17	18 1/2	13	17 3/4	19 1/4	13 1/2	18 1/2	20 1/4	14	19 1/4	21
0,65	11 1/4	15 3/4	17 1/4	12	16 1/2	17 3/4	12 1/2	17	18 1/2	12 3/4	17 3/4	19
0,70	10 1/2	14/1/2	16	11	15 1/4	16 1/2	11 1/2	15 3/4	17 1/4	12	16 1/2	18
0,75	10	13 3/4	14 3/4	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	14 3/4	16	11 1/4	15 1/4	16
0,80	9 1/4	12 3/4	14	9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/2	14 1/2	15
0,85	8 3/4	12	13	9	12 1/2	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	13 1/2	14
0,90	8 1/4	11 1/4	12 1/2	8 1/2	11 3/4	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14
0,95	7 3/4	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	12	13
1,00	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	11	12	8 1/4	11 1/2	12
1,05	7	9 3/4	10 1/2	7 1/2	10 1/4	11	7 3/4	10 1/2	11 1/2	8	11	12
1,10	6 3/4	9 1/4	10 1/4	7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11	7 1/2	10 1/2	11
1,15	6 1/2	9	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 3/4	10 1/2	7 1/4	10	11
1,20	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10
1,25	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 3/4	9 1/4	10
1,30	5 3/4	7 3/4	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9
1,35	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	8	8 1/2	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9
1,40	5 1/4	"	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	5 3/4	8	8 1/2	6	8 1/4	9
1,45	"	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 3/4	8 1/4	5 3/4	8	[illegible]
1,50	5	6 3/4	7 1/2	"	7	7 3/4	5 1/4	7 1/2	8	5 1/2	7 3/4	[illegible]
1,55	4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	"	7 1/4	7 3/4	"	7 1/2	[illegible]
1,60	"	"	7	4 3/4	"	7 1/4	5	7	7 1/2	5 1/4	7 1/4	7
1,65	4 1/2	6 1/4	6 3/4	"	6 1/2	7	"	6 3/4	7 1/4	5	7	7
1,70	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	4 3/4	6 1/2	7	"	6 3/4	[illegible]
1,75	"	5 3/4	6 1/4	"	6	"	4 1/2	6 1/4	"	4 3/4	6 1/2	7
1,80	"	"	"	4 1/4	"	6 1/2	"	"	6 3/4	"	"	7
1,85	4	5 1/2	6	"	5 3/4	6 1/4	4 1/4	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	[illegible]
1,90	"	"	5 3/4	4	5 1/2	6	"	5 3/4	6 1/4	"	6	[illegible]
1,95	3 3/4	5 1/4	"	"	"	"	"	"	"	4 1/4	"	[illegible]
2,00	"	5	5 1/2	3 8/4	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	"	5 3/4	[illegible]
2,05	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4	5 1/2	[illegible]
2,10	3 1/2	4 3/4	5 1/4	"	5	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	"	"	[illegible]
2,15	"	"	"	3 1/2	"	"	"	"	"	3 3/4	5 1/4	[illegible]
2,20	"	"	5	"	4 3/4	5 1/4	3 1/2	5	5 1/2	"	"	[illegible]
2,25	3 1/4	4 1/2	"	"	"	"	"	"	5 1/4	"	5	[illegible]
2,30	"	"	4 3/4	3 1/4	"	5	"	4 3/4	"	"	"	[illegible]
2,35	"	4 1/4	"	"	4 1/2	"	"	"	"	3 1/2	"	[illegible]
2,40	3	"	"	"	"	4 3/4	3 1/4	"	5	"	4 3/4	[illegible]
2,45	"	"	4 1/2	"	4 1/4	"	"	4 1/2	"	"	"	[illegible]
2,50	"	4	"	3	"	"	"	"	4 3/4	3 1/4	4 1/2	[illegible]

– Diamètres de 0m,50 à 2m,50.

ET PAR MILLIMÈTRE CARRÉ DE SECTION.

28			29			30			31	32	33	34	DIAMÈTRE DU CYLINDRE.
NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.			NOMBRE d'atmosphères.				
RIVURE			RIVURE			RIVURE			RIVURE SIMPLE.				
imple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60	simple.	double. 0,55	double. 0,60					mèt.
17 1/4	23 3/4	26	18	24 3/4	27	18 1/2	25 1/2	28	19 1/4	19 3/4	20 1/2	12	0,50
15 3/4	21 3/4	23 3/4	16 1/4	22 1/2	24 1/2	17	23 1/4	25 1/4	17 1/2	18	18 1/2	19 1/4	0,55
14 1/2	19 3/4	21 3/4	15	20 1/2	22 1/2	15 1/2	21 1/4	23 1/4	16	16 1/2	17	17 1/2	0,60
13 1/4	18 1/4	20	13 3/4	19	20 3/4	14 1/4	19 3/4	21 1/2	14 3/4	15 1/4	15 3/4	16 1/4	0,65
12 1/2	17	18 1/2	12 3/4	17 3/4	19 1/4	13 1/4	18 1/4	20	13 3/4	14 1/4	14 1/2	15	0,70
11 1/2	16	17 1/4	12	16 1/2	18	12 1/2	17	18 1/2	12 3/4	13 1/4	13 3/4	14 1/4	0,75
10 3/4	15	16 1/4	11 1/4	15 1/2	16 3/4	11 1/2	16	17 1/2	12	12 1/2	12 3/4	13 1/4	0,80
10 1/4	14	15 1/4	10 1/2	14 1/2	15 3/4	11	15	16 1/4	11 1/4	11 3/4	12	12 1/2	0,85
9 3/4	13 1/4	14 1/2	10	13 3/4	15	10 1/4	14 1/4	15 1/2	10 3/4	11 1/4	11 1/4	11 3/4	0,90
9 1/4	12 1/2	13 3/4	9 1/2	13	14 1/4	9 3/4	13 1/2	14 3/4	10	10 1/2	10 3/4	11	0,95
8 3/4	12	13	9	12 1/4	13 1/2	9 1/4	12 3/4	14	9 1/2	10	10 1/4	10 1/2	1,00
8 1/4	11 1/4	12 1/2	8 1/2	11 3/4	12 3/4	8 3/4	12 1/4	13 1/4	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10	1,05
8	10 3/4	11 3/4	8 1/4	11 1/4	12 1/4	8 1/2	11 1/2	12 3/4	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	1,10
7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 3/4	8	11	12 1/4	8 1/4	8 1/2	9	9 1/4	1,15
7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	10 3/4	11 1/2	8	8 1/4	8 1/2	8 3/4	1,20
7	9 1/2	10 1/2	7 1/4	10	10 3/4	7 1/2	10 1/4	11 1/4	7 3/4	8	8 1/4	8 1/2	1,25
6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7 1/4	9 3/4	10 3/4	7 1/4	7 1/2	7 3/4	8	1,30
6 1/2	8 3/4	9 3/4	6 3/4	9 1/4	10	7	9 1/2	10 1/4	7	7 1/4	7 1/2	7 3/4	1,35
6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 3/4	9 1/4	10	6 3/4	7	»	7 1/2	1,40
6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	6 1/2	8 3/4	9 1/2	6 1/2	6 3/4	7	7 1/4	1,45
5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	8 1/2	9 1/4	»	6 1/2	6 3/4	7	1,50
5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	8 1/4	9	6 1/4	»	6 1/2	6 3/4	1,55
»	7 1/2	8 1/4	5 1/2	7 3/4	8 1/2	5 3/4	8	8 3/4	6	6 1/4	»	6 1/2	1,60
5 1/4	7 1/4	8	»	7 1/2	8 1/4	»	7 3/4	8 1/2	5 3/4	6	6 1/4	»	1,65
5	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	7 1/2	8 1/4	»	5 3/4	6	6 1/4	1,70
»	6 3/4	7 1/2	»	7	7 3/4	5 1/4	7 1/4	8	5 1/2	5 1/2	5 3/4	6	1,75
4 3/4	6 1/2	7 1/4	5	6 3/4	7 1/2	»	7	7 3/4	5 1/4	»	»	5 3/4	1,80
»	»	7	4 3/4	»	7 1/4	5	»	7 1/2	»	5 1/4	5 1/2	»	1,85
4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	6 1/2	7	»	6 3/4	7 1/4	5	»	»	5 1/2	1,90
»	6	»	4 1/2	6 1/4	»	4 3/4	6 1/2	»	»	5	5 1/4	»	1,95
4 1/4	»	6 1/2	»	»	6 3/4	»	»	6	4 3/4	»	5	5 1/4	2,00
»	5 3/4	6 1/4	»	6	6 1/2	4 1/2	6 1/4	6 3/4	»	4 3/4	»	»	2,05
»	»	»	4 1/4	»	»	»	6	»	4 1/2	»	4 3/4	5	2,10
4	5 1/2	6	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	»	6 1/2	»	4 1/2	»	»	2,15
»	»	»	4	5 1/2	»	»	5 3/4	6 1/4	4 1/4	»	»	4 3/4	2,20
3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	6	»	»	»	»	»	4 1/2	»	2,25
»	»	»	»	5 1/4	5 3/4	4	5 1/2	6	»	4 1/4	»	4 1/2	2,30
»	5	5 1/2	3 3/4	»	»	»	»	»	4	»	4 1/4	»	2,35
3 1/2	»	»	»	»	5 1/2	3 3/4	5 1/4	5 3/4	»	»	»	»	2,40
»	4 3/4	5 1/4	»	5	»	»	»	»	»	4	»	4 1/4	2,45
»	»	»	3 1/2	»	»	»	5	5 1/2	3 3/4	»	4	»	2,50

DE LA MESURE

DE LA

PROFONDEUR DES PUITS

PAR

M. FALY,

INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES.

La mesure directe de la profondeur des puits de mine, est une opération souvent pénible à cause du temps assez long pendant lequel on doit se soumettre au courant d'air froid qui y règne et à l'eau qui y tombe ; au surplus, elle n'est pas sans présenter certains dangers. D'un autre côté, la faible clarté fournie par les lampes est défavorable à l'exécution d'un travail précis.

Nous avons pensé que, dans la pratique ordinaire des travaux de nos mines, on pourrait, en général, obtenir un résultat suffisamment exact en mesurant sur le câble d'extraction la distance de l'orifice aux divers accrochages et nous avons fait l'expérimentation de ce procédé.

Quelques essais préalables nous ont d'abord démontré que la longueur d'un câble ayant quelques mois de service ne se modifie pas sensiblement pendant la

durée d'une opération, s'il ne survient aucun changement notable dans l'état hygrométrique de la fosse.

Voici quelques détails sur la manière de procéder que nous avons adoptée à la suite d'expériences préparatoires exécutées au puits n° 12 des mines du Grand-Hornu (1).

L'une des cages, légèrement chargée, est maintenue, pendant dix à quinze minutes, à quelques décimètres au dessus du niveau de l'accrochage inférieur. Un aide, placé à cet étage, mesure la hauteur des rails de la cage au dessus de la taque d'accrochage. En même temps, d'autres aides, placés aux divers étages supérieurs, font, en regard des taques de chacun de ceux-ci (ou, ce qui est plus facile, à une distance connue au dessus de ces taques) une marque sur le câble. Cette marque consiste en une ligature en coton ou en chanvre, mais il convient, en outre, d'enfoncer dans le câble un petit clou au niveau voulu, parce que la ligature pourrait être déplacée par le frottement du câble contre les parois ou contre l'autre cage et fausser ainsi les résultats.

Pendant ce temps, un opérateur placé à la surface fixe sur le câble une petite plaque en carton portant le chiffre 0 et sur laquelle il fait un trait horizontal au niveau de la recette, point de départ de la mesure des profondeurs.

On établit ensuite, au dessus de l'orifice, un plancher laissant un large passage au câble, puis à un signal convenu, donné du fond, l'opération commence.

Le mesurage se fait à l'aide d'une règle en bois de 10 mètres de longueur.

Afin de la rendre portative, nous l'avons faite en six

(1) Nous tenons à exprimer au directeur de ce charbonnage, M. P. Plumat, nos remerciements pour l'obligeance avec laquelle il nous a prêté son concours, celui de son personnel et l'usage de ses installations.

pièces qui s'assemblent bout à bout. Elle est graduée et porte à son extrémité supérieure une pointe en fer en corcordance avec le zéro.

A sa partie inférieure se place un *curseur-porte-crayon*, que l'on peut, à l'aide d'une vis de pression, fixer à 10 mètres, à 9 mètres, ou même à de moindres distances du zéro (1).

Au signal convenu, le machiniste relève le câble, de manière à faire arriver la plaque en carton marquée 0, en regard d'un second opérateur, placé sur un plancher à 10 mètres au dessus de la recette. Le premier opérateur fixe alors sur le câble une deuxième plaque en carton, portant le chiffre 1, approximativement à 10 mètres sous la première. La règle est appliquée contre le câble de manière à ce que sa pointe en fer concorde avec le trait de la plaque 0 ; l'opérateur tenant l'autre bout de la règle trace, à l'aide du crayon qui y est fixé, une ligne horizontale sur la plaque 1. Dix mètres sont ainsi mesurés sur le câble. On le relève de nouveau et l'on marque de même, d'un trait horizontal, une troisième plaque portant le chiffre 2. On continue de cette façon jusqu'à l'extrémité du câble, dont on n'arrête l'ascension qu'après avoir placé la dernière marque décamétrique précédant immédiatement la cage.

Cette marque et la marque 0 sont maintenues clouées au câble, tandis que les autres en ont été détachées à mesure qu'elles se présentaient au plancher supérieur.

On refait une ou plusieurs fois le mesurage entre les deux marques maintenues, on prend la moyenne des résultats en écartant ceux qui paraîtraient entachés d'erreurs.

(1) Certains puits n'ont pas, en effet, les molettes assez élevées pour qu'il soit possible d'y opérer avec une règle de 10 mètres.

Il reste alors à démonter le plancher établi au niveau de recette, à relever la cage et à mesurer la distance entre les rails de celle-ci et la dernière marque décamétrique restée attachée au câble. Cette mesure, ajoutée à la moyenne obtenue ci-dessus et à la distance mesurée au fond du puits entre les rails de la cage et la taque d'accrochage, donne la profondeur de cette dernière sous le niveau de recette.

Quant aux étages intermédiaires, leur profondeur se mesure très facilement. Lorsque la marque d'un accrochage passe devant les opérateurs, ceux-ci mesurent sa distance à la marque décamétrique immédiatement supérieure. L'addition de cette mesure au nombre de decamètres indiqué donne la profondeur de cet accrochage. Si toutefois la marque avait été faite, pour plus de facilité, au dessus du niveau de l'accrochage, il y aurait lieu d'ajouter la différence à la profondeur obtenue comme il vient d'être dit.

Les résultats ci-après permettent de juger du degré d'exactitude auquel on peut arriver en appliquant ce procédé avec soin. Une première fois, nous avons obtenu une différence de $0^m,015$ entre deux mesurages exécutés le même jour sur un câble de 633 mètres de longueur. Dans une deuxième série d'expériences, deux mesurages successifs du même câble nous ont donné deux résultats concordants. Une troisième fois enfin, la différence entre deux mesurages exécutés en une matinée a été de $0^m,046$,

L'écart entre deux résultats est donc toujours resté en dessous de $\frac{1}{10000}$ de la longueur à mesurer.

Quant à la rapidité de l'opération, elle est certainement plus grande que par n'importe quel procédé. Nous sommes toujours arrivé à mesurer 600 mètres sur le câble en une heure, soit 10 mètres par minute.

Les détails de la mise en train et du mesurage de la

hauteur de la cage absorbent un peu plus de temps. Il en résulte qu'il faut près de quatre heures pour mesurer deux fois un puits de 633 mètres de profondeur avec deux étages intermédiaires.

Nous avons dit que chaque plaque décamétrique est enlevée à mesure que le trait au crayon est fait sur la plaque immédiatement inférieure. On remarquera que ces accessoires jouent ici le même rôle que les fiches dans un chaînage horizontal ; aussi l'opérateur qui les a placés doit-il se les faire reproduire par son compagnon avant de recommencer l'opération. Toutefois, nous avons vu que la première et la dernière marque restent fixées au câble. Il convient même d'y laisser également une marque tous les 100 mètres pour ne pas devoir recommencer tout le travail en cas d'erreur constatée au cours de celui-ci.

La fixation des plaques en carton sur un câble en aloès ou en chanvre se fait aisément à l'aide de deux petits clous. Il ne peut pas en être ainsi pour les câbles métalliques. Ceux-ci doivent être pincés, en même temps que le carton par un ressort ou une vis de pression.

Notre procédé ne diffère pas, en principe, de celui de Firminy, mais il présente, sur lui, l'avantage de ne comporter qu'un outillage peu encombrant et essentiellement portatif. Au surplus, il est aussi rapide et non moins exact.

Mons, 11 novembre 1885.

MÉLANGES

II. — Statistique des mines, minières, carrières, usines métallurgiques et appareils a vapeur de Belgique, pour l'année 1884, par M. Em. Harzé, Ingénieur en chef, Directeur des mines au Département de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics (1).

Afin de faciliter les rapprochements, nous suivons l'ordre adopté dans les précédents comptes-rendus.

On sait que le service ordinaire des mines comprend deux grandes circonscriptions, appelées aujourd'hui *divisions*. La première comprend les provinces de Hainaut, de Brabant, de la Flandre orientale et de la Flandre occidentale ; la seconde, les cinq autres provinces.

Elles sont chacune partagées en *trois arrondissements* subdivisés eux-mêmes en *districts*.

Voici comment se répartissent les différentes régions minières du pays.

Première division.

Couchant de Mons.	1er	arrondissement.
Centre	2e	»
Charleroi	3e	»

(1) Nous tenons à faire remarquer que les éléments de cette publication ont été puisés dans le travail de la statistique générale des mines, usines et machines à vapeur dressée par les ingénieurs, et dans les rapports adressés chaque année par les chefs de service de l'administration des mines à MM. les Gouverneurs des provinces minières de Hainaut, de Liége et de Namur.

Deuxième division.

Namur et Luxembourg	4e	arrondissement.
Liége, rive gauche de la Meuse. . . .	5e	»
Liége, rive droite de la Meuse	6e	»

La Direction générale des mines, établie à Bruxelles, a dans ses attributions, outre le service des mines, des minières, des tourbières, des carrières souterraines et des usines minéralurgiques régies par la loi de 1810, celui des machines à vapeur de tout le royaume appliquées à l'industrie privée.

§ 1. — CHARBONNAGES.

Les charbonnages belges ont, en 1884, produit 18,051,499 tonnes de charbon. Cette quantité, inférieure de 126,255 tonnes à l'extraction de 1883, se décompose comme suit :

	QUANTITÉS (tonnes).	VALEUR (francs).
Hainaut	13,510,996	129,627,000
Namur.	477,439	3,401,000
Liège	4,063,064	39,004,000
Ensemble.	18,051,499	172,032,000

Le prix moyen de vente, qui, de 1882 à 1883, était remonté de 10 francs à fr. 10-17 (1), est descendu à fr. 9-53. — Il y a donc eu un abaissement notable du prix de vente malgré la diminution de l'extraction.

On comptait dans le royaume 289 sièges d'exploitation en activité, 73 en réserve et 18 en construction.

D'après un relevé récent, le Hainaut comprend 78 sièges où la profondeur de l'extraction atteint ou dépasse 500 mètres. La province de Liége en a 3 dans ces conditions ; celle de Namur, aucun. Les 78 sièges ci-dessus, du Hainaut, sont desservis par 83 puits d'extraction ; les 3 de la province de Liége, par 6 puits de l'espèce. C'est au siège St-André

(1) Le compte-rendu pour l'année 1883, présente une erreur de calcul que nous redressons ici. Au lieu de fr. 10-02 pour prix moyen de vente de la dite année, il faut lire fr. 10-17. — L'erreur reparaissant dans l'une des colonnes du tableau des opérations des charbonnages pendant la période 1861-1883, nous reproduisons plus loin ce tableau, ce qui nous permet de le rectifier en plusieurs points et de le compléter par les résultats de 1884.

du charbonnage du Poirier, près de Charleroi, que la profondeur d'exploitation est la plus grande : elle y atteint 940 mètres.

Le tableau ci-après indique le nombre et la force des machines à vapeur au service de l'industrie houillère.

MACHINES A VAPEUR — USAGES.	HAINAUT.		NAMUR.		LIÉGE.		LE ROYAUME.	
	Nombre.	Chevaux-vapeur.	Nombre.	Chevaux-vapeur.	Nombre.	Chevaux-vapeur.	Nombre.	Chevaux-vapeur.
Extraction. .	310	46,346	18	1,922	115	11,435	443	59,703
Exhaure . . .	120	19,116	5	740	71	12,044	196	31,900
Aérage. . . .	293	13,394	7	230	81	1,785	381	15,409
Divers	720	9,596	27	376	227	2,501	974	12,473
Ensemble . .	1,443	88,452	57	3,268	494	27,765	1,994	119,485

La situation est sensiblement celle de l'année précédente.

La puissance moyenne en charbon des couches exploitées dépasse tant soit peu 0m,59. Elle tend à diminuer d'année en année.

Cette puissance s'est trouvée être de 0m,56 dans le Hainaut, de 0m,59 dans la province de Namur et de 0m,69 dans la province de Liége. Nonobstant cette grande différence dans le Hainaut et à Liége, l'effet utile de l'ouvrier du fond a été à peu près le même dans ces deux provinces. Il approche de 225 pour tout le pays.

C'est au *Couchant de Mons* que le rendement par ouvrier occupé à l'intérieur a été le moindre (182 tonnes) et c'est au *Centre* qu'il a été le plus élevé (255 tonnes). — La puissance moyenne des couches semble cependant être également faible dans ces deux dernières régions; mais au *Centre*, la grande régularité des couches et de leurs allures — à part d'autres facilités d'exploitation — compense leur peu d'ouverture en charbon.

Voici comment s'est subdivisé, en hommes, femmes, garçons et filles, le nombre total des ouvriers employés dans les charbonnages, tant à l'intérieur qu'à la surface :

	HAINAUT.	NAMUR.	LIÉGE.	LE ROYAUME
	A L'INTÉRIEUR.			
Hommes	46,516	1,643	16,195	64,354
Femmes.	4,746	55	301	5,102
Garçons en dessous de 16 ans.	6,645	253	1,762	8,660
Filles en dessous de 16 ans. .	2,114	13	27	2,154
Ensemble. . .	60,021	1,964	18,285	80,270
	A LA SURFACE.			
Hommes	12,168	530	3,565	16,263
Femmes.	2,935	108	1,008	4,051
Garçons en dessous de 16 ans.	1,986	76	422	2,484
Filles en dessous de 16 ans. .	2,079	74	361	2,514
Ensemble. . .	19,168	788	5,356	25,312
Totaux . . .	79,189	2,752	23,641	105,582

Les enfants forment ici les 13 p. % du nombre total des ouvriers travaillant à l'intérieur. L'année précédente, ils intervenaient pour 2 p. % en plus. — Peut-être faut-il attribuer, en partie du moins, cette diminution à l'application de l'art. 69 du nouveau règlement minier de police (1), qui interdit l'accès des travaux souterrains aux garçons âgés de moins de douze ans et aux filles de moins de quatorze ans. — Le nombre des filles a diminué ; mais le nombre des femmes a augmenté. Pour l'ensemble des femmes et des filles, il y a une diminution de soixante-quatre ouvrières.

Il a été payé en salaires aux 105,582 ouvriers occupés par l'industrie houillère 96,458,000 francs. D'où un salaire moyen de 914 francs par ouvrier de toute espèce, y compris les femmes et les enfants. — En admettant 300 jours de travail, cette dernière somme correspond à un salaire journalier de fr. 3-05, inférieur de 30 centimes à celui de l'année précédente.

(1) Le nouveau règlement date du 28 avril 1884. On comprend que le dit article n'a pu recevoir du jour au lendemain sa rigoureuse exécution. Par mesure transitoire, il a fallu accorder, à la demande des parents, des dispenses à l'égard d'enfants *déjà employés*, qui n'avaient pas atteint les âges actuellement réglementaires.

Les frais d'exploitation et autres se sont partagés comme suit :

Salaires. . . . . fr.	96,458,000
Autres frais	69,315,000
Ensemble. . fr.	165,773,000

D'où un prix de revient à la tonne de fr. 9-18.

La valeur de l'extraction ayant été de 172,032,000 francs, le *boni général* s'est chiffré, pour l'ensemble des charbonnages, à 6,259,000 francs.

Le bénéfice à la tonne n'a donc été que de 35 centimes.

En distinguant, comme dans les précédents comptes-rendus, les exploitations qui ont donné des bénéfices ou des pertes, on arrive aux résultats suivants :

Charbonnages en gain.

Nombre.	78
Bénéfices . . . . fr.	10,289,000

Charbonnages en déficit.

Nombre.	71
Pertes . . . . fr.	4,030,000

La différence entre les bénéfices et les pertes reproduit le bon général de 6,259,000 francs.

Le total des dépenses comprend 14,946,000 francs, en travaux de premier établissement ou de préparation. Cette somme est inférieure de 2,155,000 francs à celle de 1883, ce qui a contribué à l'augmentation du bénéfice général afférent à 1884.

Il est à noter que la moyenne des dépenses de l'espèce s'est élevée, pour la période décennale (1875-1884), à 19,170,000 francs. Toutefois, si ces dépenses se sont restreintes ces dernières années, il y a lieu de tenir compte de la baisse des salaires et de la diminution des prix des matériaux, machines, etc., etc. Le ralentissement dans les dits travaux est donc moins grand qu'il pourrait paraître au premier abord.

Le tableau suivant résume la marche de l'industrie houillère pendant la période 1861-1884 (24 ans).

ANNÉES.	PRODUCTION.	Mines en gain	BÉNÉFICE.	Mines en perte.	DÉFICIT.	BÉNÉFICE GÉNÉRAL.	BÉNÉFICE GÉNÉRAL au tonneau.	OUVRIERS. Nombre.	OUVRIERS. Salaire annuel.	PRIX DE VENTE à la tonne.
	Tonnes.	Nombre.	Francs.	Nombre.	Francs.	Francs.	Francs.		Francs.	Francs.
1861	10,057,163	109	13,057,000	81	3,281,000	9,776,000	0.97	81,675	725	10.94
1862	9,935,645	101	10,997,000	77	3,281,000	7,716,000	0.78	80,302	692	10.52
1863	10,345,350	108	10,886,000	73	3,414,000	7,472,000	0.72	79,187	700	10.13
1864	11,158,336	112	12,935,000	72	2,245,000	10,690,000	0.96	79,779	715	9.91
1865	11,840,703	114	16.519,000	56	2,694,000	13,825,000	1 17	82,368	784	10.46
1866	12,774,662	124	25,496,000	47	2,344,000	23,152,000	1.81	86,721	867	11.82
1867	12,755,822	119	22,900,000	52	2,370,000	20,530,000	1.60	93,339	888	12.40
1868	12,298,589	102	13,589,000	66	3,594,000	9,995,000	0 81	89,382	804	10.88
1869	12,942,894	102	12,523,000	68	4,489 000	8,034,000	0 62	89,928	830	10.51
1870	13,697,118	107	16,213,000	62	3,742,000	12,471,000	0.91	91,993	878	10.86
1871	13,733,176	106	17,115,000	62	2,825,000	14,290,000	1.04	94,286	864	11.20
1872	15,658,948	128	37,633,000	39	2,104,000	35,529,000	2,27	98,863	1,047	13.32
1873	15,778,401	142	96,998,000	35	3,503,000	93,495,000	5.93	107,902	1,353	21.40
1874	14,669,029	111	31,529,000	68	8,567,000	22,962,000	1.56	109,631	1,184	16.42
1875	15,011,331	104	23,644.000	71	10,748,000	12,896,000	0 86	110,720	1,163	15 31
1876	14,329,578	84	14 245,000	96	10,487,000	3,758,000	0.26	108,543	1.031	13.55
1877	13,938,523	69	9,508,000	109	10,615.000	(1)-1,107,000	(1)-0.08	101,343	835	10.97
1878	14,899,175	66	8,457,000	102	10,000,000	(1)-1,543,000	(1)-0.10	99,032	842	9.92
1879	15,447,292	70	8,049,000	96	8,223,000	(1)- 174,000	(1)-0.01	97,714	809	9.39
1880	16,886,698	85	10,862,000	79	7,016,000	3,846,000	0 23	102,930	920	10.06
1881	16,873,951	77	8,723,000	83	10,192,000	(1)-1,469,000	(1)-0.09	101,351	931	9.70
1882	17,590,989	85	10,965,000	73	6,189,000	4,776,000	0 27	103,701	926	10.00
1883	18,177,754	80	11,277,000	73	6,719,000	4,558,000	0 25	106,252	1,006	10.17
1884	18,051,499	78	10,289,000	71	4,030,000	6,259,000	0,35	105,582	914	9,53

(1) Perte.

Fabrication du coke.

La situation de l'industrie du coke ressort des chiffres suivants :

CIRCONSCRIPTIONS ADMINISTRATIVES.	FOURS		OUVRIERS. — Nombre.	CONSOMMATION de HOUILLE. — Tonnes.	PRODUCTION EN COKE.	
	Actifs. — Nombre	Inactifs. — Nombre.			QUANTITÉ. — Tonnes.	VALEUR de la tonne. — Francs.
1re division . .	2,589	1,061	1,459	1,786,303	1,308,268	15 15
2e id. . .	1,330	726	615	691,409	503,880	14 53
TOTAUX. .	3,919	1,787	2,074	2,477,712	1,812,148	14 87

Le rendement en coke a donc été de 73.14 p. %.

Voici quelle avait été la marche de cette fabrication, de 1881 à 1883 :

ANNÉES.	NOMBRE D'OUVRIERS.	QUANTITÉS PRODUITES. — Tonnes.	VALEUR DE LA TONNE. — Francs.
1881	2,358	1,834,669	15 98
1882	2,519	2,066,249	17 73
1883	2.474	2,077,051	17 08

En comparant les résultats de 1884 à ces derniers, on voit combien la crise a pesé sur le produit, quantité et valeur.

Mouvement commercial de la houille et du coke.

Nous indiquons ce mouvement pour toutes les années de la dernière période décennale.

ANNÉES.	QUANTITÉS EN TONNES.							
	PRODUCTION.	IMPORTATIONS.			EXPORTATIONS.			CONSOMMATION.
		Houille.	Coke.	ENSEMBLE.	Houille.	Coke.	ENSEMBLE.	
1875	15,011,331	704,518	20,262	733,464	4,063,960	645,787	4,986,513	10,758,282
1876	14,329,578	805,580	26,716	843,744	3,828,482	571,123	4,644,372	10,528,950
1877	13,938,523	656,278	21,841	687,479	3,515,020	575,632	4,337,351	10,288,651
1878	14,899,175	701,416	20,362	730,505	3,889,411	576,607	4,713,135	10,916,545
1879	15,447,292	727,906	11,571	744,436	4,235,751	596,064	5,087,271	11,104,457
1880	16,866,698	917,033	19,217	944,486	4,525,085	850,346	5,739,865	12,071,319
1881	16,873,951	1,015,870	23,584	1,049,561	4,476,783	914,885	5,783,762	12,139,750
1882	17,590,989	1,043,994	15,082	1,065,540	4,292,025	1,094,620	5,855,768	12,809,761
1883	18,177,754	1,263,334	38,899	1,318,902	4,441,314	996,645	5,865,093	13,631,563
1884	18,051,499	1,223,691	32,813	1,270,567	4,619,192	854,258	5,839,561	13,482,505
MOYENNES.	16,118,679	985,962	23,035	938,868	4,188,702	767,597	5,285,269	11,772,278

Comme dans des statistiques précédentes, on a converti le coke en houille, en admettant un rendement de 70 kilogr. de coke (nombre rond) pour 100 kilogr. de houille.

§ 2. — MINES MÉTALLIQUES ET MINIÈRES

Les résultats principaux de l'exploitation des mines métalliques et des minières, pendant les dix dernières années, sont consignés ci-après.

ANNÉES.	MINERAIS DE ZINC.		MINERAIS DE PLOMB.		PYRITE DE FER.		FER (MINERAI LAVÉ).		VALEURS totales. — Francs.	Ouvriers employés. — Nombre.
	Quantités. — Tonnes.	Valeurs. — Francs.	Quantités. — Tonnes.	Valeurs. — Francs.	Quantités. — Tonnes.	Valeurs. — Francs.	Quantités. — Tonnes.	Valeurs. — Francs.		
1875.	42,504	2,878,000	10,567	2,005,000	30,747	807,000	365,044	3,423,000	9,113,000	4,920
1876.	37,713	2,555,000	12,422	1,702,000	23,588	566,000	269,206	2,458,000	7,281,000	4,248
1877.	44,987	2,505,000	11,542	1,919,000	26,207	639,000	234,227	2,158,000	7,221,000	4,245
1878.	45,293	2,479,000	13,477	1.548,000	21,721	523,000	207,157	1,758,000	6,308,000	4,160
1879.	42,689	2,145,000	9,384	1,087,000	15,577	324,000	195,212	1,567,000	5,123,000	3,638
1880.	38,805	2,212,000	5,434	892,000	7,913	164,000	253,499	1,875,000	5,173,000	3,810
1881.	23,553	1,195,000	3,741	657,000	2,965	49,000	224,882	1,817,000	3,718,000	2,750
1882.	20,443	707,000	2,918	486,000	2,555	21,000	209,212	1,593,000	2,807,000	2,312
1883.	20,738	750,000	1,749	311,000	1,623	18,000	216,490	1,497,000	2,576,000	2,100
1884.	27,606	1,014,000	1,796	257,000	2,243	35,000	176,755	1,280,000	2,586,000	1,926
MOYENNES. . .	34,433	1,847,000	7,365	1,086,400	13,514	314,600	235,168	1,942,000	5,190,600	3,411

La production du minerai de fer n'a cessé de décroître.

Par contre, il y a eu accroissement de l'extraction du minerai de zinc, par suite du développement de l'exploitation reprise dans l'un des gîtes d'Engis, dont les travaux avaient été envahis en 1880 par les eaux débordées de la Meuse.

§ 3. — Carrières.

Le tableau ci-après donne la production des carrières par province.

DÉSIGNATION DES PRODUITS (1).		BRABANT.	HAINAUT.	NAMUR.	LIÉGE.	LUXEMBOURG.	LIMBOURG.	LE ROYAUME (2). Quantités.	LE ROYAUME (2). VALEURS (francs).
Pierres de taille. . .	M^3	2,350	129,460	23,559	27,290	6,914	540	190,113	11,704,000
Chaux, moellons et pierrailles .	M^3	176,965	1,208,262	398,838	377,769	60,804	»	2,222,638	10,501,000
Pierres à paver . . .	P	26,463,900	36,583,000	10,727,400	15,410,000	977,400	»	90,161,700	7,286,000
Dalles et carreaux . .	M^2	1,100	62,210	31,943	5,520	300	»	101,073	345,000
Marbre	M^3	»	3,315	8,636	»	370	»	12,321	2,167,000
Ardoises	P	»	»	2,059,500	»	29,669,000	»	31,728,500	887,000
	M^3	»	»	240	»	275	»	515	
Pierres à faulx et à rasoir	P	»	»	»	»	62,000	»	62,000	2,000
Poudingue	M^3	»	»	»	»	»	»	»	»
Castine	M^3	»	48,100	7,000	52,200	2,000	»	109,300	167,000
Terre plastique . . .	T	3,830	38,355	109,550	1,360	»	»	153,095	1,251,000
Marne et craie . . .	M^3	1,340	»	»	1,590	»	»	2,930	38,000
Sable	M^3	29,915	167,910	33,225	34,715	15,075	»	280,840	604,000
Silex pour faïencerie .	M^3	600	6,500	4,900	»	»	»	12,000	99,000
Silex pour empierrement	M^3	»	»	»	17,420	»	»	17,420	50,000
Sulfate de baryte . .	T	»	12,000	»	»	»	»	12,000	36,000
Phosphate de chaux .	M^3	»	69,720	»	»	»	»	69,720	1,792,000
VALEURS. .	fr.	3,621,000	18,576,000	5,253,000	7,595,000	1,881,000	3,000	»	36,939,000

(1) En mètres cubes = M^3 ; en mètres carrés = M^2 ; en tonnes = T ; en nombre de pièces = P.
(2) Non compris les deux Flandres et la province d'Anvers qui d'ailleurs ne fournissent que des argiles *tertiaires* servant à la fabrication des briques, des carreaux et des tuiles, ainsi que des sables, de même formation, employés, entre autres usages, à la fabrication du verre.

Par rapport à l'année précédente, certaines quantités ont augmenté ; d'autres ont diminué. Quoi qu'il en soit, la valeur globale créée est restée inférieure de 6,150,000 francs à celles de 1883.

Voici quelle a été la marche de l'exploitation des phosphates de chaux pendant ces huit dernières années :

ANNÉES.	TONNEAUX.	VALEUR. Frs.	PRIX DE LA TONNE. Frs.
1877	3,910	135,600	34 68
1878	5,720	208,900	36 52
1879	7,700	229,300	29 78
1880	15,745	567,000	36 01
1881	30,000	1,130,000	37 67
1882	41,050	1,239,000	30 18
1883	59,800	2,284,000	38 19
1884	69,720	1,792,000	25 70

La valeur du produit a donc fortement diminué en 1884.

§ 4. — MÉTALLURGIE.

Comme dans les précédents comptes-rendus, nous ferons connaître, pour l'année 1884, la marche des établissements régis par la loi de 1810, où l'on fond les minerais de fer, de plomb et de zinc, ainsi que celle des usines, également régies par cette loi, où la fonte de fer est convertie en métal brut (fer ou acier) et, celui-ci ouvré en produits finis.

A. — *Hauts-fourneaux.*

		1re DIVISION.	2e DIVISION.	ROYAUME.	VALEUR totale. Fr.	VALEUR moyenne par tonne. Fr.
Usines	actives	12	8	20	»	»
	inactives	4	4	8	»	»
Hauts-fourneaux	actifs	18	18	36	»	»
	inactifs	18	7	25	»	»
Ouvriers	Nombre	1,600	1,580	3,180	»	»
	Salaire journalier moyen . . fr.	2.87	2.80	2.84	»	»
Minerais consommés	belges . . . tonnes.	26,650	127,337	153,987	»	»
	étrangers . . . »	833,700	680,487	1,514,187	»	»
	scories et mitraille . . »	211,800	71,019	282,819	»	»
Production	Fonte d'affinage . . . tonnes.	381,000	166,328	547,328	25,148,000	45 76
	Id. de moulage . . »	12,250	38,370	50,620	3,327,000	65 72
	Id. manganésifère . »	1,050	4,338	5,388	400,000	74 24
	Id. Bessemer . . . »	»	130,900	130,900	8,030,000	61 34
	Id. Thomas . . . »	»	16,576	16,576	880,000	53 09
	Id. ouvrée de 1re fusion »	»	»	»	»	»
	ENSEMBLE . . »	394,300	356,512	750,812	37,785,000	50 32

En 1883, la production avait été de 783,433 tonnes, d'une valeur globale de 43,556,000 francs.

Voici quelles ont été les valeurs moyennes des diverses fontes fabriquées en Belgique de 1881 à 1884 :

ANNÉES.	Affinage.	Moulage.	Manganés.	Bessemer.	Thomas.	Ouvrée de 1re fusion.	De toutes espèces.
1881. .	52 11	68 35	89 07	87 81	53 66	»	58 54
1882. .	54 26	70 00	89 81	81 24	60 46	80 00	60 26
1883. .	52 32	65 63	83 16	70 38	55 56	79 63	55 60
1884. .	45 76	65 72	74 24	61 34	53 09	»	50 32

B. *Fabriques de fer et usines à ouvrer le fer.*

		1re division.	2e division.	ROYAUME.	VALEUR totale. Fr.	VALEUR moyenne par tonne. Fr.
Usines	actives	45	30	75	»	»
	inactives	12	2	14	»	»
Fours à puddler	actifs	364	148	512	»	»
	inactifs	135	36	171	»	»
Fours à réchauffer	actifs	157	76	283	»	»
	inactifs	79	33	112	»	»
Fours autres (1)	actifs	90	156	246	»	»
	inactifs	35	25	60	»	»
Ouvriers	Nombre	10,236	5,721	15.957	»	»
	Salaire journalier moyen	3 36	3.31	3.34	»	»
Fonte consommée pour fer puddlé	belge. tonnes.	370,283	147,620	517,903	»	»
	étrangère »	17,296	8,984	26,280	»	»
Production en fer ébauché	»	341,093	138,735	479,828	40,673,000	84 77
Ebauché consommé pour fer corroyé	»	25,040	24,400	49,440	»	»
Mitraille	»	20,555	23,669	44,224	»	»
Production en fer corroyé	»	36,453	40,461	76,914	8,830,000	114 80
Consommations pour fers finis (2)	ébauchés »	338,852	114,868	453,720	»	»
	corroyés »	36,433	43,604	80,037	»	»
	mitraille »	61,228	23,622	84,850	»	»
Production en fers finis	Gros fers marchands. tonnes.	117,445	30,862	148,307	18,949.000	127 77
	Petits fers »	64,381	13,332	77,713	10,122,000	130 25
	Fers spéciaux »	71,916	30,047	101,963	13,488,000	132 28
	Fers battus »	4,456	32	4,488	1,288,000	286 99
	Rails »	7,150	754	7,904	1,011,000	127 91
	Fers fendus »	14,274	»	14,274	1,840,000	128 91
	Fers serpentés »	9,835	2,621	12,456	2,071,000	166 27
	Grosses tôles et larges plats »	42,773	29,171	71,944	11,974,000	166 44
	Tôles fines »	4,039	27,952	31,991	7,194,000	225 24
	ENSEMBLE	336,269	134,771	471,040	67,937,000	144 23

(1) Dormants ou ouverts. — (2) Y compris les consommations dans les usines exclusivement à ouvrer le fer.

Plusieurs de ces usines ont travaillé une certaine quantité d'acier brut dont les produits finis ont été reportés aux usines à ouvrer ce métal.

La production en fers finis avait été, en 1883, de 487,226 tonnes d'une valeur globale de 77,907,000 francs.

Le tableau suivant montre les fluctuations de la valeur de ces produits, pendant la période 1881-1884 :

ANNÉES.	Gros fers marchands.	Petits fers.	Fers spéciaux.	Fers battus.	Rails.	Fers fendus.	Fers serpentés.	Grosses tôles et larges plats.	Tôles fines.	Fers de toutes espèces.
1881. .	142 90	147 79	146 69	371 29	142 23	129 74	179 70	182 85	245 37	161 55
1882. .	147 02	158 95	148 65	336 30	151 96	133 29	190 87	187 14	260 52	166 81
1883. .	138 79	144 81	146 46	287 35	139 19	134 19	171 00	187 52	240 84	159 60
1884. .	127 77	130 25	132 28	286 99	127 91	128 91	166 27	166 44	225 24	144 23

C. *Aciéries et usines à ouvrer l'acier.*

			1re Division.	2e Division.	ROYAUME.	VALEUR Totale. Fr.	VALEUR moyenne par tonne. Fr.
Usines	actives		1	7	8	»	»
	inactives		»	»	»	»	»
Fours à cuire (Martin et autres)	actifs		»	1	1	»	»
	inactifs		»	»	»	»	»
Convertisseurs (Bessemer et autres)	actifs		1	11	12	»	»
	inactifs		1	5	6	»	»
Fours à réchauffer	actifs		1	36	37	»	»
	inactifs		1	11	12	»	»
Ouvriers	nombre		90	2,508	2,598	»	»
	salaire journalier moyen	fr	3.75	3 43	3.44	»	»
Fonte consommée, pour aciers bruts	belge	tonnes.	1,790	156,552	158,342	»	»
	étrangère	»	4,480	22,600	67,080	»	»
	riblons et mitraille d'acier	»	680	22,385	23,065	»	»
Production en lingots	fondus	»	6,112	179,804	185,916	17,431,000	93 76
	battus (Blooms)	»	»	1,150	1,150	127,000	110 44
Consommations pour aciers finis (1) — lingots fondus	belges	»	6,112	165,719	171,831	»	»
	étrangers	»	»	40	40	»	»
lingots battus	belges	»	»	»	»	»	»
	étrangers	»	»	»	»	»	»
Production en produits finis	Rails	tonnes.	400	112,530	112,930	13,115,000	116 55
	Bandages	»	»	9,667	9,667	1,632,000	168 82
	Aciers laminés divers	»	1,300	9,401	10,701	1,754,000	163 91
	Aciers battus	»	4,000	7,036	11,036	1,504,000	136 28
	Grosses tôles	»	»	1,848	1,848	358,000	193 72
	Tôles fines	»	»	580	580	154,000	265 52
	Fils d'acier	»	100	7,137	7,237	2,105,000	(2) 290 86
	ENSEMBLE.	»	5,800	148,199	153,999	20,622,000	133 91

(1) Y compris les consommations dans les usines mixtes. — (2) Estimation.

En 1883, les usines avaient produit 179,489 lingots fondus d'une valeur globale fr. 97-68. Quant aux produits finis, ils s'étaient élevés à 156,301 tonnes, valant moyennement fr. 151-31.

Voici quelles ont été les valeurs moyennes des produits bruts et finis des dits établissements :

ANNÉES.	Lingots fondus.	Lingots battus (Bloms).	Rails.	Bandages.	Aciers laminés divers.	Aciers battus.	Grosses tôles.	Tôles fines.	Fils d'acier.	Produits finis de toutes espèces.
1881. .	116 04	»	149 71	199 37	225 78	161 85	277 46	250 00	?	163 06
1882. .	112 03	»	134 96	200 30	234 65	158 66	276 36	274 69	340 00	160 47
1883. .	97 68	»	128 54	199 24	226 68	153 60	226 99	260 59	334 93	151 31
1884. .	93 75	110 44	116 55	168 82	163 91	136 28	193 72	265 52	290 86	133 91

D. *Fabrication du zinc.* (*Fonderies des minerais*).

		2e Division. (1)	VALEUR Totale. Fr.	VALEUR moyenne par tonne. Fr.
Usines	actives	11	»	»
	inactives	»	»	»
Fours	actifs	314	»	»
	inactifs	66	»	»
Nombre moyen en activité	de creusets	23,313	»	»
	de moufles	»	»	»
Ouvriers	Nombre	3,649	»	»
	Salaire journalier moyen . . fr.	3.25	»	»
Minerais consommés	belges . . . tonnes.	24,171	»	»
	étrangers . . . »	169,587	»	»
Production de zinc brut . . . »		77,487	26,635,000	343 72

(1) La fabrication du zinc ne se fait que dans la province de Liége.

En 1883, les usines avaient produit 75,366 tonnes, représentant une valeur de 27,366,000 francs.

E. *Fabrication du plomb et de l'argent.*

		2e Division. (1)	VALEUR Totale. Fr.	VALEUR moyenne par tonne. Fr.
Usines	actives	2	»	»
	inactives	»	»	»
Fourneaux de réduction. à manche	actifs	15	»	»
	inactifs	10	»	»
à réverbère	actifs	»	»	»
	inactifs	1	»	»
Fours de coupelle		4	»	»
Ouvriers	Nombre	422	»	»
	Salaire journalier . . fr.	2.71	»	»
Minerais consommés.	belges . . tonnes.	334	»	»
	étrangers . . »	10,939	»	»
	sous-produits . . »	11,380	»	»
Production	Plomb brut . . »	7,751	2,062,000	266 03
	Argent . . Kilogr	9,956	1,834,000	184 21

(1) La fabrication du plomb et de l'argent ne s'est faite en 1884 que dans la province de Liége.

La production, en 1883, avait été de 8,391 tonnes de plomb, valant 2,533,000 francs et de 10,847 kilogrammes d'argent, valant 1,938,000 francs.

Il nous a paru intéressant de rapprocher les valeurs attribuées au zinc, au plomb et à l'argent produits en Belgique pendant la période 1881 à 1884. — D'où le tableau ci après.

ANNÉES.	ZINC (la tonne).	PLOMB (la tonne).	ARGENT (le kilogramme).
	Francs.	Francs.	Francs.
1881	382 74	347 04	189 05
1882	387 16	340 72	186 03
1883	363 11	301 87	178 67
1884	343 72	266 03	184 21

F. — *Mouvement commercial en* 1884.

Dans le tableau suivant est indiqué le mouvement commercial des produits métallurgiques qui proviennent directement du traitement des minerais.

PRODUITS.	PRODUCTION. — Tonnes.	IMPORTATION. — Tonnes.	EXPORTATION. — Tonnes.	CONSOMMATION indigène. — Tonnes.
Fer (fonte brute) . .	750,812	125,619	10,665	865,766
Zinc (non ouvré) . .	77,487	2,167	63,110	16,544
Plomb (non ouvré) .	7,751	5,750	7,064	6,437

§ 5. — MACHINES A VAPEUR.

En 1883, on comptait 16,021 générateurs et 15,107 moteurs d'une force nominale de 718,921 chevaux.

Une statistique faite avec soin afin d'éliminer quelques doubles emplois porte, pour 1884, le nombre des générateurs à 16,201 et celui des moteurs à 15,397. Ces moteurs correspondent à une force nominale de 739,224 chevaux.

Le tableau suivant indique, par province et pour tout le royaume, la répartition de ces appareils dans les différents genres d'industrie.

Récapitulation des appar

NATURE DES INDUSTRIES.	ANVERS. Générateurs. Nombre.	ANVERS. Moteurs. Nombre.	ANVERS. Moteurs. Force en chevaux.	BRABANT. Générateurs. Nombre.	BRABANT. Moteurs. Nombre.	BRABANT. Moteurs. Force en chevaux.	FL. OCCIDENTALE. Générateurs. Nombre.	FL. OCCIDENTALE. Moteurs. Nombre.	FL. OCCIDENTALE. Moteurs. Force en chevaux.	FLANDRE ORI… Générateurs. Nombre.	FLANDRE ORI… Mote… Nombre.
Charbonnages	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Mines métalliques	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Carr. et scieries de pierres y attenantes	»	»	»	32	25	726	»	»	»	»	»
Métallurgie et travail des métaux	40	40	297	134	133	2,455	20	19	111	49	48
Fabrication de machines et d'outils	50	40	502	92	83	1,021	23	23	147	38	36
Fabriques d'armes	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Verreries	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Fabriques de porcelaines et de faïences	»	»	»	5	5	51	3	3	22	»	»
Fabriques de produits chimiques	43	38	372	67	54	920	9	8	93	46	31
Préparation et travail des bois	33	30	549	73	70	1,155	29	27	179	67	64
Industrie de la laine	20	14	536	21	8	245	6	4	124	12	10
Id. du coton et de la soie	»	»	»	49	41	1,895	7	6	98	154	90
Id. du lin	7	3	533	6	3	140	179	168	2,545	175	105
Blanchisseries et teintureries	17	10	143	60	47	661	39	29	425	60	44
Mouture des grains	89	73	2,382	108	101	2,804	81	80	1,696	223	220
Brasseries et distilleries	113	103	1,549	210	165	1,003	102	97	755	169	152
Fabriques de sucre	48	50	531	57	73	1,083	23	10	354	47	62
Id. d'huiles	21	19	462	22	18	183	66	65	945	91	78
Papeteries	14	12	245	111	72	2,336	2	2	80	11	12
Imprimeries typographiques	29	24	260	23	24	205	6	6	16	8	8
Usines diverses	251	227	4,691	362	298	3,501	301	289	1,932	292	325
Navigation. Service de l'Etat. Machines fixes	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navigation. Service de l'Etat. Bateaux à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navigation. Service des particuliers. Machines fixes	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navigation. Service des particuliers. Bateaux à vapeur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemins de fer. Service de l'Etat. Machines fixes	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemins de fer. Service de l'Etat. Locomotives	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemins de fer. Service des particuliers. Machines fixes	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemins de fer. Service des particuliers. Locomotives	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
TOTAUX	775	683	13,052	1,432	1,220	21,374	806	836	9,522	1,442	1,294

apeur existant au 31 décembre 1884.

HAINAUT.		LIÈGE.			LIMBOURG.			LUXEMBOURG.			NAMUR.			LE ROYAUME.		
MOTEURS.		GÉNÉRATEURS. Nombre.	MOTEURS.		GÉNÉRATEURS. Nombre.	MOTEURS		GÉNÉRATEURS. Nombre.	MOTEURS.		GÉNÉRATEURS. Nombre.	MOTEURS.		GÉNÉRATEURS. Nombre.	MOTEURS.	
Nombre.	Force en chevaux.		Nombre.	Force en chevaux.		Nombre.	Force en chevaux.		Nombre.	Force en chevaux.		Nombre.	Force en chevaux.		Nombre.	Force en chevaux.
1,443	88,452	582	494	27,765	»	»	»	»	»	»	64	57	3,268	2,287	1,994	119,485
7	139	52	40	2,343	»	»	»	4	5	101	46	34	1,285	110	86	3,868
414	6,814	11	10	203	»	»	»	14	14	219	80	80	1,156	527	543	9,118
643	18,920	565	592	16,674	3	3	9	32	23	1,125	73	76	2,160	1,669	1,577	42,009
383	4,354	186	226	2,446	1	1	6	3	3	7	29	28	122	776	823	8,973
»	»	65	63	683	»	»	»	»	»	»	»	»	»	65	63	683
75	2,831	22	15	259	»	»	»	»	»	»	25	17	1,781	122	107	4,871
41	777	»	»	»	»	»	»	1	1	6	23	20	293	84	70	1,149
28	426	5	5	23	»	»	»	3	1	5	39	26	252	247	191	2,651
72	750	59	55	445	5	5	31	23	20	276	25	23	231	384	366	4,406
21	589	307	259	9,698	»	»	»	»	»	»	14	8	297	405	324	12,083
20	1,192	1	1	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	240	167	11,705
9	686	8	7	312	1	1	2	»	»	»	7	7	57	397	303	12,864
7	33	71	58	1,619	»	»	»	»	»	»	»	»	»	262	195	3,645
211	3,218	86	75	1,341	15	14	117	9	9	109	39	34	458	873	817	15,063
300	2,217	71	64	391	44	43	532	17	15	81	39	42	350	1,075	981	8,774
478	5,033	106	147	1,662	27	39	386	»	»	»	25	39	418	689	898	10,169
11	183	»	»	»	2	2	36	»	»	»	1	1	8	214	194	3,469
7	150	69	64	1,407	»	»	»	4	3	176	47	26	470	264	198	5,215
19	76	17	15	45	»	»	»	1	1	3	4	4	11	108	101	677
641	7,241	392	482	4,744	15	13	89	12	10	45	98	94	760	2,375	2,379	26,673
											Ensemble. .			13,173	12,377	307,550
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	6	4	72
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	33	21	2,251
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	17	13	467
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	175	187	10,108
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	207	207	1,815
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,754	1,753	294,075
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	50	49	250
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	786	786	122,646
4,830	144,081	2,675	2,672	72,066	113	121	1208	123	105	2,153	678	616	13,377	16,201	15,397	739,224

§ 6. — Accidents.

A. — *Mines, minières, carrières souterraines et usines métallurgiques.*

Le nombre des accidents survenus en 1884 dans les mines, minières, carrières souterraines et usines métallurgiques du royaume, et qui, par suite de leur nature, ont été constatés par procès-verbaux d'enquête, s'est élevé à 261. — Ils ont causé la mort à 245 ouvriers et des blessures graves à 83 autres.

Voici comment ils se répartissent :

	Accidents.	Tués.	Blessés.
Charbonnages	250	236	81
Mines métallurgiques et minières .	6	3	1
Carrières souterraines	2	2	»
Usines métallurgiques	3	4	1
Ensemble. . .	261	245	83

Les ouvriers occupés en 1884, par l'industrie houillère étant au nombre de 105,582, la proportion des ouvriers tués dans les charbonnages (fond et surface) a été de 2.24. Elle était de 2.15 en 1882 et se trouve être de 2.37 pour toute la période décennale de 1875-1884.

On a classé dans le tableau suivant les victimes de l'industrie houillère par nature d'accident.

On remarquera que les accidents qui font le plus de victimes, sont dus à l'inflammation du grisou, au transport ou à la circulation sur les plans inclinés, et surtout aux éboulements, y compris les chutes de pierres ou de blocs de houille.

TABLEAU DES ACCIDENTS.

Mines de houille. –

NATURE DES ACCIDENTS.				HAINAUT NOMBRES	
				Accidents.	Tués.
Accidents à l'intérieur des travaux.	Accidents arrivés dans les puits et tourets, et à leurs abords immédiats (1).	à l'occasion de la translation des ouvriers	par les cordes	11	[illegible]
			par les échelles	2	[illegible]
			par les fahrkunst	»	[illegible]
		par éboulements, chutes de pierres ou de corps durs		4	[illegible]
		dans d'autres circonstances (2)		6	[illegible]
	Eboulements, chutes de pierres, de blocs de houille, etc. (3)			55	[illegible]
	Accidents causés par le grisou. Dégagement normal.	Inflammations dues	aux coups de mines	3	[illegible]
			aux appareils d'éclairage	3	[illegible]
			à des causes diverses ou inconnues	1	[illegible]
		Asphyxies (sans inflammation)		3	[illegible]
	Accidents causés par le grisou. Irruptions subites, suivies	d'inflammations		»	[illegible]
		d'asphyxies, de projections de charbon ou de pierres, etc.		»	[illegible]
	Asphyxies par le gaz (4)			»	[illegible]
	Coups d'eau			2	[illegible]
	Emploi des explosifs	Explosions de mines		10	[illegible]
		Autres causes		2	[illegible]
	Transport souterrain	sur voies de niveau ou peu inclinées		13	[illegible]
		par hommes sur voies inclinées		6	[illegible]
		sur les plans automoteurs et les vallées		22	[illegible]
	Causes diverses (5)			15	[illegible]
			TOTAUX POUR L'INTÉRIEUR	158	[illegible]
Accidents à la surface.	Chutes dans les puits			1	[illegible]
	Manœuvres de wagons			»	[illegible]
	Machines et appareils mécaniques			8	[illegible]
	Causes diverses			1	[illegible]
			TOTAUX POUR LA SURFACE	10	[illegible]
			TOTAUX GÉNÉRAUX	168	[illegible]

...ts survenus en 1884.

NAMUR.		LIÉGE.			LE ROYAUME.			OBSERVATIONS.
NOMBRE DES		NOMBRE DES			NOMBRE DES			
Tués.	Blessés.	Accidents.	Tués.	Blessés.	Accidents.	Tués.	Blessés.	
»	»	4	2	2	15	11	7	
»	»	»	»	»	2	2	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	1	1	»	5	3	»	
1	»	8	4	4	15	11	6	
4	»	28	17	11	87	72	16	
»	»	»	»	»	3	21	3	
»	»	»	»	»	3	2	6	
»	»	»	»	»	1	25	4	
»	»	»	»	»	3	3	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	2	2	»	
1	4	9	2	10	23	11	19	
»	»	1	»	1	3	1	2	
»	»	5	2	3	18	12	6	
»	»	»	»	»	6	2	3	
»	»	6	4	2	28	23	4	
»	»	5	5	2	20	22	2	
6	4	67	37	35	234	223	78	
»	»	»	»	»	1	1	»	
»	»	1	1	»	1	1	»	
»	»	2	1	1	10	9	1	
»	»	3	2	1	4	2	2	
»	»	6	4	2	16	13	3	
[illegible]	4	73	41	37	250	236	81	

OBSERVATIONS.

(1) Les accidents survenus aux ouvriers du jour occupés à la recette, sont rangés parmi les accidents à la surface.

(2) On a exclu de cette subdivision, les accidents dus au grisou, aux asphyxies, coups d'eau, etc., qui sont tous compris sous leurs rubriques spéciales.

(3) Sauf les accidents de cette espèce arrivés dans les puits.

(4) Autres que celles causées directement ou indirectement par le grisou.

(5) On a écarté 5 décès dus à des causes pathologiques, dont 2 dans le Hainaut et 3 dans la province de Liége.

RENSEIGNEMENTS RAPPELÉS.		HAINAUT.	NAMUR.	LIÉGE.	LE ROYAUME.
Nombre d'ouvriers.	Surface.	60,021	1,964	18,285	80,270
	Intérieur.	19,168	788	5,356	25,312
	TOTAL.	79,189	2,752	23,641	105,582
Production en tonnes.		13,510,996	477,439	4,063,064	18,051,499

B. — *Appareils à vapeur.*

Pendant l'année 1884, deux accidents survenus, l'un à un générateur, l'autre à un appareil de fabrication chauffé à la vapeur, ont occasionné de légères contusions ou des brûlures peu graves à six ouvriers.

NOTICE SUR LA SCIE HÉLIÇOÏDALE

ÉTUDE

DE SES

APPLICATIONS A L'EXPLOITATION

DES CARRIÈRES

ET AU

SCIAGE DES PIERRES

PAR

M. L. WILLEM,

INGÉNIEUR PRINCIPAL DES MINES.

A différentes reprises on a signalé à l'attention des maîtres de carrières des appareils d'une simplicité remarquable, connus sous le nom de scies héliçoïdales, et conçus par M. Paulin-Gay pour l'abatage et le découpage des roches. L'application récente que M. Wilmart en a faite dans les environs d'Yves-Gomzée, a engagé le Département de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics à faire procéder à une étude plus approfondie de cette invention qui intéresse l'une des principales industries extractives de notre pays.

Les résultats de cette étude sont consignés dans un rapport adressé à M. l'ingénieur en chef directeur du

4° arrondissement des mines, et où nous avons puisé les éléments de la présente notice.

Les plans ci-joints, dus à l'obligeance de M. Wilmart, nous ont permis d'écourter la partie descriptive de ce travail pour nous attacher plus spécialement à l'exposé des principes qui ont inspiré le constructeur, et aux considérations pratiques d'où découle en somme toute l'économie du système.

La scie héliçoïdale est formée d'une corde sans fin, obtenue par la torsion en hélice de trois fils d'acier. Elle s'enroule, d'une part, sur une poulie fixe calée sur l'arbre du moteur ; d'autre part, sur la poulie folle d'un chariot tendeur. Le tendeur, posé sur les rails d'un plan incliné, est chargé de contrepoids qui font équilibre à l'effort de traction du câble.

La débiteuse, ou appareil de sciage proprement dit, se place en un point intermédiaire du circuit (voy. pl. III). Elle se compose de quatre poulies activées par la cordelette métallique, et supportées par deux paires de colonnettes, dont l'écartement varie avec la longueur du bloc de pierre à découper. Pendant la mise en train, la position des poulies supérieures de la débiteuse est invariable. Les poulies inférieures, guidées entre les colonnettes du châssis, se déplacent, au contraire, dans un même plan vertical, et s'abaissent d'une quantité correspondante à la profondeur atteinte par le trait de scie, en provoquant un mouvement ascensionnel équivalent du chariot tendeur.

Le déplacement continu et régulier des poulies inférieures de la débiteuse est automatique et s'obtient par un mécanisme ingénieux. Les chariots qui supportent ces poulies sont fixés au moyen de coulisses aux extrémités de vis verticales dont les écrous se trouvent au sommet du châssis. Chacune de ces vis est commandée par un levier, à deux branches articulées, mu

par l'arbre de la poulie supérieure. A chaque rotation de l'arbre, un corbeau agencé sur la branche inférieure du levier attaque une roue dentée, dont le mouvement se transmet, à l'aide d'engrenages, à la vis de suspension de la poulie mobile. Ici c'est le fil qui est le facteur du mouvement ; mais on conçoit que la translation de la scie ne dépend pas seulement de la vitesse acquise par ce fil. Elle sera d'autant plus rapide que la branche inférieure du levier sera plus courte. Aussi la longueur de cette branche peut-elle varier à volonté, et doit-elle être préalablement réglée selon le degré de dureté, habituellement connu, de la masse pierreuse à découper.

Dans les ateliers où l'on divise les blocs en tranches, les gorges des quatre poulies de la débiteuse sont généralement comprises dans un même plan. Il n'en est plus de même dans les carrières où les roches sont entamées sur place et où il faut donner successivement au brin scieur plusieurs directions divergentes, imposées par la nature du travail à effectuer. Dans ce dernier cas, les poulies supérieures de la débiteuse, tout en restant verticales, peuvent se mouvoir dans un plan horizontal, de façon à occuper, au gré du carrier, l'un ou l'autre des rayons d'un arc de cercle déterminé. On verra plusieurs exemples de déviations semblables dans un des plans joints à cette notice, et qui représente les installations de la carrière du Traigneaux (voy. pl. III). Cet artifice de construction permet de changer l'orientation du trait de scie sans faire usage de poulies de renvoi. En conséquence, il simplifie les manœuvres, réduit les frais de premier établissement, et évite des enroulements inutiles qui n'auraient eu d'autre effet que de hâter l'usure du câble.

De ce qui précède on peut déjà conclure que la scie, indépendamment du mouvement de translation qui lui

est imprimé par le moteur, se déplace parallèlement à elle-même. Elle est, en outre, animée d'un mouvement giratoire naturel, mais extrêmement variable, dû à sa forme héliçoïdale et au frottement qu'elle subit lors de son passage dans les gorges des différentes poulies. Il importe de remarquer qu'elle ne joue, en réalité, que le rôle de conducteur. Le sciage serait impraticable sans un jet continu de sable et d'eau qui tombe à l'une des extrémités du trait de scie. Le sable, entraîné le long de la trace par les spires de la cordelette, est le véritable agent de désagrégation de la roche, et le mouvement giratoire de la scie, mouvement accusé à l'évidence par l'usure uniforme des fils, est assez prononcé pour dégager instantanément l'entaille de la boue produite pendant le travail.

Le principe de la débiteuse a été généralisé et appliqué à la construction des armures (voy. pl. IV, fig. 1, 2, 3, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 24). Pour obtenir une armure, il suffit de substituer aux poulies des tambours à gorges multiples, plus ou moins rapprochées selon les épaisseurs des tranches à scier, ou de monter sur le même arbre un certain nombre de poulies indépendantes, séparées par des disques qui les maintiennent à l'écartement voulu. Tout fait présumer que l'on abandonnera définitivement les tambours pour donner la préférence à la seconde disposition. Cette préférence se justifie par la difficulté que le constructeur éprouve à creuser sur l'âme d'un tambour des gorges ayant exactement le même diamètre. Ce vice de fabrication s'oppose au jeu régulier de l'appareil. Les cordelettes d'une même armure sont alors animées de vitesses différentes ; de là résultaient des inégalités de tension qui ont amené fréquemment la rupture de certains fils.

Quand des accidents de l'espèce se produisaient, les

réparations s'exécutaient autrefois par des soudures. On n'a pas tardé à reconnaître les défectuosités et le caractère peu pratique de ce mode de réparation. L'opération était, en effet, des plus délicates, et offrait peu de chances de réussite. Ou la soudure formant bourrelet s'arrêtait en s'engageant dans les gorges des poulies, et le câble se brisait par suite de ce surcroît de résistance, ou bien elle était trop tendue, et le toron soudé, supportant la majeure partie de l'effort, devait également finir par se rompre. Aujourd'hui, la réparation d'un câble se fait en réunissant ses fils bout à bout, par une véritable épissure dont la longueur n'excède pas $1^m,50$. Elle est aisée, n'exige guère plus d'une heure de chômage, et peut être confiée sans inconvénient aux ouvriers du chantier.

Dans l'armure chaque fil possède une poulie tendeuse qui lui est propre. Cette poulie se meut sur ses tourillons et porte une bride sollicitée par un contrepoids suspendu à l'extrémité d'une chaîne. A l'inverse de ce qui se passe dans la débiteuse, le déplacement de la scie n'est plus déterminé par le brin scieur, mais par les organes de transmission du moteur. Ce sont là des modifications de détail, sans importance, qui ne sont signalées que pour mémoire. Il est clair que le mécanisme est susceptible de transformations appropriées aux circonstances et à la distribution des lieux (voir notamment les dispositions indiquées aux fig. 7, 8 et 9 de la pl. IV).

Les cordelettes en usage aux scieries de Saint-Lambert et à la carrière du Traigneaux ont en moyenne 250 mètres de développement. On leur donne des diamètres de $0^m,0035$, $0^m,005$ ou $0^m,006$, selon leur destination. Les câbles d'un faible diamètre sont utilisés aux armures ; les câbles d'un diamètre moyen sont employés dans les débiteuses, pour le sciage des blocs

sur le chantier de la carrière; les gros câbles sont réservés exclusivement à l'abatage de la roche.

Loin d'être excessive, la longueur assignée à la cordelette exerce une influence favorable à la résistance de l'outil. Elle diminue l'échauffement de la scie et prolonge sa durée. En effet, toutes les portions du câble se présentant successivement le long de la pierre à entailler, dans un même temps et pour une même vitesse, le travail d'un tronçon quelconque sera en raison inverse de la longueur du circuit. Si l'étendue du circuit augmente, le câble aura à supporter moins de fatigue, son refroidissement sera plus complet et son usure moins rapide.

Quant aux différences d'épaisseur, elles sont motivées par des raisons commerciales et par la difficulté plus ou moins grande du travail à exécuter. Les armures fonctionnant dans des scieries, situées pour la plupart à des distances considérables des ateliers d'exploitation, les marbres que l'on y traite acquièrent une plus-value en rapport avec le coût des transports, et l'on a tout intérêt à amincir autant que possible le fil de l'armure, pour réduire le déchet. Le déchet n'a plus autant d'importance lorsque l'on attaque la pierre sur les lieux de production. Là, les masses dégrossies par les débiteuses, et surtout celles que l'on divise sur place dans le fond des carrières, ont des dimensions bien supérieures aux blocs que l'on soumet à l'action des armures. Dans ces conditions, on s'explique que l'inventeur ait proportionné les épaisseurs des fils aux longueurs des pierres à diviser, en d'autres termes, aux résistances qu'ils ont à surmonter.

Jusqu'à ce jour, les possesseurs du brevet ne se sont guère préoccupés du pas de vis qu'il convient d'attribuer à la cordelette. Ils ont cependant constaté que l'énergie de la scie augmente avec le degré de tor-

sion, fait qui dérive d'un contact plus prolongé du sable avec le fond de l'entaille à creuser.

La question de la vitesse à imprimer au moteur a été de leur part l'objet d'études plus attentives. L'effet utile de l'appareil héliçoïdal ne croît pas indéfiniment avec la vitesse du fil. Il faut laisser au sable le temps de désagréger les molécules de la pierre. Une vitesse exagérée n'augmenterait pas sensiblement le rendement. On ne l'obtiendrait, d'ailleurs, qu'au détriment du câble, et en s'astreignant à une dépense beaucoup plus forte en sable et en force motrice.

D'un autre côté, par suite de son enroulement sur des poulies de $0^m,80$ de diamètre, le fil, en s'infléchissant, a une tendance à se rompre d'autant plus accentuée que son épaisseur est plus forte. En théorie, la répartition de cet effort de flexion sur tous les points d'une même section sera d'autant plus uniforme que la vitesse de translation sera moindre. En pratique, les exploitants ont voulu tenir compte de cette considération, et ils ont donné au fil travaillant à la roche une vitesse de 4 mètres par seconde, au fil de la débiteuse sur chantier une vitesse de $4^m,25$, au fil de l'armure une vitesse de $4^m,50$. Il est à peine nécessaire de dire que ces vitesses n'ont pu être calculées *à priori*, mais qu'elles sont la conséquence d'expériences et d'observations nombreuses faites en France et dans les établissements de M. Wilmart.

Les avantages du système héliçoïdal se font surtout sentir dans les carrières où les roches, dépourvues de toute stratification apparente, sont déposées en amas. Autrefois, quand il s'agissait d'extraire un massif de marbre découvert à ses faces antérieure et supérieure, les ouvriers du Traigneaux étaient obligés de le dégager, en creusant à la pointe de véritables tranchées latérales de $0^m,60$ de largeur, et de le soulever ensuite

à l'aide de coins et de leviers, qu'ils introduisaient dans un de ces nombreux limés, faiblement inclinés, qui sillonnent le gîte en tous sens. C'est la méthode d'exploitation la plus communément suivie dans notre pays, et il serait inutile d'insister sur sa lenteur, sur son prix de revient et sur les pertes de matière qu'elle entraîne. Avec le fil héliçoïdal, on n'a ni ces lenteurs, ni ces inconvénients. Au lieu de tranchées, on fore, aux extrémités de la face postérieure du massif, deux puits d'une section suffisante pour loger les porte-poulies de la débiteuse. La cordelette circonscrit le quartier de roche par trois traits de scie. Comme elle ne peut se mouvoir dans un plan horizontal, le bloc doit être détaché de sa base par les procédés ordinaires. Il faut donc avoir soin de donner aux puits auxiliaires une profondeur telle que cette base soit toujours dans le plan d'une fissure naturelle recoupée par les traits de scie.

Les mêmes puits peuvent servir au découpage de plusieurs massifs voisins. Au début de l'installation, leur creusement se faisait à l'outil, par la main de l'homme. Il s'opère depuis peu par une perforatrice d'un nouveau genre dont voici la description sommaire (pl. IV, fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).

C'est un cylindre en tôle, de $3^{m},50$ de hauteur et de $0^{m},50$ de diamètre, terminé par une allonge en fer, beaucoup plus épaisse, qui lui sert de couteau. Un manchon le fixe sur un arbre vertical, à section carrée, qui lui communique un mouvement de rotation, tout en lui laissant la faculté de descendre en vertu de son propre poids. L'arbre reçoit son mouvement giratoire par une transmission télédynamique, qui peut changer de direction au fur et à mesure des déplacements de l'appareil. L'usure de la roche est accélérée par le sable et l'eau que l'on projette sur le pourtour du cou-

teau. De temps en temps les matières broyées, en s'accumulant entre le tube et les parois de la roche, enrayent le mouvement de la perforatrice. L'ouvrier relève alors ce tube au moyen d'une chaîne qui s'enroule sur un cabestan rivé au châssis. Ce simple mouvement d'élevage nettoie entièrement l'entaille de la boue qui l'obstruait et qui aurait fini par occasionner la rupture de l'outil. L'excavation faite, il suffit d'y chasser deux ou trois coins pour rompre le noyau de la pierre.

Cette perforatrice, peu compliquée, est aisément transportable. Elle ne broie qu'une faible partie de la surface du roc et consomme peu de force motrice. Par trois forages consécutifs, disposés en triangle, elle creuse un puits où les supports de la débiteuse peuvent se mouvoir en tous sens. Il est regrettable que l'on n'ait pas porté à $0^{m},90$ le diamètre de son couteau. Grâce à cette dimension, le fonçage d'un puits se serait exécuté d'emblée, en une seule opération, c'est-à-dire avec une célérité et une économie bien supérieures à celles que procure l'outil actuel.

Dans l'exploitation d'une carrière, la perforatrice et la débiteuse subissent des déplacements fréquents. Ces déplacements ont lieu sans l'intermédiaire de poulies de renvoi, sans qu'il soit nécessaire de modifier en rien la transmission. La cordelette prend la direction et l'inclinaison qui conviennent à la position de l'appareil. M. Thonnar-Dejaiffe, constructeur-mécanicien à Namur, est arrivé à ce résultat en montant sur une double rotule chacune des poulies du poteau distributeur dressé au sommet de la carrière.

La poulie à rotules (voy. pl. IV, fig. 17 et 18) est mobile dans un plan horizontal, comme les poulies supérieures de la débiteuse. De plus, elle peut s'incliner à volonté sur l'horizon, par la rotation du plateau

sur lequel elle opère sa translation. Sans cette combinaison, d'un double mouvement circulaire, dans deux plans qui se coupent à angles droits, l'application du système héliçoïdal à l'abatage des roches aurait exigé une complication d'organes incompatible avec les besoins de l'exploitation.

Tels sont, dans leurs dispositions essentielles, les appareils que l'administration des mines a été appelée à examiner. La scie héliçoïdale a deux qualités qu'il serait difficile de lui contester. Elle est douée d'une énergie capable de vaincre la résistance des matériaux les plus durs ; elle possède enfin une rapidité d'action étonnante, due à la continuité et à la vitesse de son mouvement. On doit la considérer comme un progrès sérieux, destiné à améliorer les moyens de production de nos carrières. Ce n'est pas la première fois que l'on essaie, dans cette industrie, de remplacer la main de l'homme par des engins mécaniques, et l'on a pu voir fonctionner, dans certaines localités du Hainaut, des machines à retailler où la roche est clivée par le battement précipité de fleurets, relevés par un piston ou par un arbre à cames. Mais ces machines, encombrantes et sujettes à se détraquer, n'entament les roches que dans des limites restreintes, tracées par les dimensions de leurs fleurets. Elles ne pourraient, pour la rapidité du sciage, rivaliser avec le fil héliçoïdal, et l'on peut prédire que celui-ci ne tardera pas à voir reconnaître sa supériorité. En simplifiant l'installation, la poulie à rotules de M. Thonnar aura puissamment contribué à ce succès. Il faut avoir visité les ateliers du Traigneaux pour se rendre compte du mérite de cette invention, qui permet d'activer par un seul moteur, à l'aide de transmissions télédynamiques, tout l'outillage des chantiers.

On évalue à deux chevaux la force motrice néces-

saire à la mise en train d'une débiteuse, et à $0^m,10$ par heure la vitesse de pénétration de la scie dans les roches calcareuses du Traigneaux. Cette vitesse a été dépassée dans plusieurs expériences. Néanmoins, il sera prudent de la considérer comme un maximum, dont il faudra même déduire les pertes de temps occasionnées par les remplacements multiples de la cordelette. Celle-ci, et c'est le reproche le mieux fondé que l'on puisse adresser au système héliçoïdal, se détériore vite sous l'influence du frottement. A en juger par des renseignements puisés à diverses sources, elle serait hors d'usage au bout de huit à dix jours de travail. Ce défaut a peu de gravité dans l'exploitation d'une carrière où l'on se sert exclusivement d'appareils à fil unique. Le chômage, dû à l'usure ou à la rupture d'un câble, est alors un accident local, dont les effets sont négligeables en comparaison des avantages que procure la grande rapidité du sciage.

Peut-on tenir le même raisonnement pour l'armure, où le bris d'un seul fil provoque forcément l'arrêt de tous les brins d'un équipage? N'y a-t-il pas lieu de craindre qu'en dépit des soins apportés à la construction de l'appareil, la solidarité qui existera toujours entre les fils d'un même outil et l'usure inégale des gorges des poulies, ne soient la cause de ruptures par trop nombreuses? Ce sont là des questions qu'il faut se garder de préjuger. L'armure à vingt fils, érigée dans les scieries de Saint-Lambert, n'a pas fonctionné d'une manière assez suivie pour avoir, comme le fil à la roche ou comme la débiteuse, acquis la sanction de la pratique. Si sa supériorité était établie sans conteste, on ne comprendrait pas que les intéressés ne l'eussent pas déjà substituée aux armures à lames plates qu'ils ont conservées dans leurs ateliers. De leur propre aveu, ces dernières l'emportent sur la cordelette, et par leur

longue durée, qui est au minimum de deux mois, et par une plus grande perfection du sciage, qui dispense d'un polissage aussi soigné.

A notre avis, le problème de l'armure à fils n'est pas entièrement résolu, et, dans l'état actuel de nos connaissances, on fera preuve de circonspection en limitant l'application de la scie héliçoïdale à l'abatage des roches et à la division des masses en blocs transportables. Dans ces deux cas, elle rendra des services signalés, principalement dans les carrières de marbre où la nature du produit exclut l'emploi de substances explosives.

LA
NAVIGATION D'ANVERS A MANNHEIM.

RAPPORT DE MISSION

PAR

M. PIERROT,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

D'après les instructions de M. le Ministre des travaux publics, la mission qui a donné lieu au rapport qui suit devait avoir pour but de faire connaître la route suivie pour la navigation d'Anvers au Rhin, la longueur de ses différentes parties, la durée du trajet, le plus ou moins de facilité de la circulation dans les diverses sections du parcours, les obstacles que l'on rencontre, les manœuvres difficiles auxquelles on est obligé, le tonnage moyen et maximum des navires employés, la composition des équipages, le taux du fret et, généralement, toutes les indications nécessaires pour se rendre exactement compte du mouvement commercial qui se fait dans cette direction et les mesures à prendre pour le développer.

Nous avons groupé ces diverses notions en un certain nombre de chapitres, dont voici l'énumération :

CHAP. Ier. — Route suivie. — Longueur des différentes voies parcourues. — Distances entre Anvers et les principaux ports allemands du Rhin. — Durée du parcours pour les bateaux à vapeur.

CHAP. II. — Dimensions et tonnage des bateaux. — Equipage.

CHAP. III. — Navigabilité des différentes eaux. — Tirant d'eau disponible — Balisage. — Navigation à vapeur, à voile et avec halage.

CHAP. IV. — Dispositions principales de police et de navigation à observer sur les différentes sections du parcours

CHAP. V. — Nature des transports. — Renseignements statistiques sur les mouvements totaux des ports allemands et sur les expéditions entre ces ports et ceux d'Anvers, Rotterdam et autres des Pays-Bas. — Transports sous pavillon belge.

CHAP. VI. — Fret. — Frais qui frappent la navigation.

CHAP. VII. — Port d'Anvers compare aux ports de Rotterdam et d'Amsterdam, au point de vue de la navigation rhénane.

CHAP. VIII. — Transport par chemin de fer et par eau, entre Anvers et les ports rhénans.

CHAP. IX. — Les chemins de fer et la navigation sur le Waal et le Rhin améliorés, dans l'avenir

CHAP. X. — Canal d'Amsterdam au Waal, à Gorcum.

CHAP. XI. — Développement de la navigation entre Anvers et l'Allemagne.

CHAP. XII. — Les grandes rivières dans les Pays-Bas. — Waal. — Sondages, levers, nivellemenets, jaugages, balisage.

CHAP. XIII. — Administration du Rhin allemand, spécialement du Rhin prussien. — Grundschwellen.

CHAPITRE I[er]

ROUTE SUIVIE.

Longueur des différentes voies parcourues. — Distances entre Anvers et les principaux ports allemands du Rhin. — Durée du parcours par les bateaux à vapeur.

D'Anvers les bateaux descendent l'Escaut occidental, jusqu'à Hansweert, où ils entrent dans le canal de Zuid-Beveland, qu'ils quittent à Wemeldingen, pour entrer dans l'Escaut oriental, où ils suivent le chenal dit : Brabandsch-Vaarwater (chenal brabançon).

Au sud-est de Zierikzee les bateaux virent à tribord et traversent successivement les Keeten, le Mastgat, la Zype, jusqu'en face de Bruinisse, où, passant devant les Grevelingen, ils entrent dans le Krammer.

A l'extrémité de celui-ci ils trouvent le Volkrak, suivi du Hollandsch-Diep, qui conduit à Moerdijk.

On peut dire qu'ici finit la région des eaux à régime purement maritime et que commence celle des eaux fluviales, soumises à l'action du flux et du reflux.

A Moerdijk la navigation rhénane trouve deux chemins : l'un, celui de droite, passe sous le grand pont du chemin de fer d'Anvers à Rotterdam, suit la rivière dite la Nouvelle-Merwede et aboutit à la Merwede supérieure à Werkendam, point où il se rattache au deuxième chemin partant de Moerdijk.

Cette route n'est guère suivie.

L'autre, presqu'exclusivement pratiquée, quitte Moerdijk pour passer par le Dordsche Kil, le Mallegat, l'Oude Maas (Vieille Meuse).

A la hauteur de Dordrecht un bras de rivière se trouve à gauche du bateau en remonte ; il se dirige

vers la mer en passant par Rotterdam ; ses sections successives portent les noms de Pelser, Noord et Nouvelle-Meuse.

Passant devant l'origine du Pelser, les bateaux rhénans entrent dans la Vieille Merwede ; à Werkendam, qu'ils laissent à droite, ils filent devant l'origine de la Nouvelle Merwede, dont il a été question ci-dessus.

En amont de cette bifurcation le fleuve prend le nom de Merwede supérieure (Boven-Merwede) jusqu'à Gorcum-Loevenstein.

A Woudrichem, un peu en amont de Gorcum, sur la rive gauche, se trouve l'embouchure de la Meuse.

En amont de l'entrée de la Meuse la rivière prend le nom de Waal, qu'elle conserve jusqu'à Pannerden, rive droite.

Immédiatement au dessus du fort de Pannerden, sur la rive droite, se place l'origine du bras de rivière dit : canal de Pannerden (Pannerdensch kanaal) (1).

Au dessus de la bifurcation de Pannerden, le fleuve prend, dans les Pays-Bas, le nom de Boven-Rijn (Rhin supérieur) et de Bijlandsch kanaal, qu'il conserve jusqu'à la frontière prussienne.

A travers toute l'Allemagne, le fleuve ne porte pas d'autre nom que celui de Rhin.

(1) Le canal de Pannerden se partage en deux bras, en amont d'Arnhem : celui de droite, le Geldersche Yssel (Yssel gueldrien), se jette, en aval de Kampen, dans le Zuiderzee ; celui de gauche s'appelle le Neder-Rijn (Rhin inférieur). Une branche s'en détache sur la droite à Wijk près Duurstede ; elle se nomme le Kromme Rijn (Rhin courbe) ; elle se bifurque à son tour à Utrecht pour former, à droite, le Vecht, qui se jette dans le Zuiderzee à Muiden, à l'est d'Amsterdam ; à gauche, l'Oude Rijn (Vieux Rhin), qui se jette dans la mer du Nord à Katwijk.

Le Neder-Rijn, après avoir arrosé Wijk près Duurstede, passe à Vreeswijk et Vianen ; en aval de cette ville il se partage en deux branches qui débouchent dans la Nouvelle-Meuse, en amont de Rotterdam ; celle de gauche, le Lek, à Krimpen, celle de droite, le Hollandsche Yssel (Yssel Hollandais), en face d'Ysselmonde.

Longueurs totales ou partielles des voies navigables (1).

Escaut, d'Anvers à Hansweert. . .	* 48	kilom.
Canal de Hansweert à Wemeldingen .	8	»
Parcours sur l'Escaut oriental . . .	* 11	»
Keeten.	* 5	»
Mastgat	* 4	»
Zype	* 5	»
Krammer	* 15	»
Volkrak	* 9	»
Hollandsch diep	* 19	»
Dordsche Kil, Mallegat, Oude Maas .	* 12	»
Vieille Merwede	15.34	»
Merwede supérieure.	8.85	»
Waal	81.50	»
Le Rhin supérieur (Boven Rijn) . .	10	»
Rhin allemand, de la frontière à Wesel	41.39	»
De Wesel à Ruhrort.	33.64	»
De Ruhrort à Dusseldorf	36.01	»
De Dusseldorf à Cologne	55.45	»
De Cologne à Coblence	95.35	»
De Coblence à Mayence.	92.03	»
De Mayence à Mannheim	72.71	»

Distances entre Anvers et les principaux ports du Rhin allemand.

Anvers-Wesel	293.08	kilom.
Anvers-Ruhrort	326.72	»
Anvers-Dusseldorf	362.73	»
Anvers-Cologne	418.18	»
Anvers-Coblence.	513.53	»
Anvers-Mayence.	605.56	»
Anvers-Mannheim	678.27	»

(1) Certaines longueurs ont dû être mesurées à l'échelle, sur les cartes jointes au rapport; elles sont marquées d'un astérisque; celles dépourvues de ce signe ont été prises dans des documents authentiques ou pouvant être considérées comme tels.

Durées moyennes des voyages des bateaux à vapeur entre Anvers et les ports allemands du Rhin.

La durée des voyages est très variable, les bateaux pouvant être arrêtés en route par des circonstances diverses.

Il ne peut donc être renseigné que des moyennes ; celles qui suivent ont été fournies par des armateurs qui font des transports réguliers entre Anvers et Mannheim.

	SAISON D'HIVER.		SAISON D'ÉTÉ.	
	Aller.	Retour.	Aller.	Retour.
Anvers-Dordrecht . .	2 jours.	2 jours.	1 1/2 jours.	1 1/2 jours.
Dordrecht-Emmerich .	3 »	2 »	2 »	1 1/2 »
Emmerich-Ruhrort .	2 »		1 »	
Ruhrort-Cologne . .	1 1/2 »		1 1/2 »	
Cologne-Coblence . .	1 1/2 »	4 »	1 1/2 »	3 »
Coblence-Mayence . .	2 »		1 1/2 »	
Mayence-Mannheim .	1 »		1 »	
	13 jours.	8 jours.	10 jours.	6 jours.

CHAPITRE II

DIMENSIONS ET TONNAGES DES BATEAUX. — ÉQUIPAGE.

Les dimensions des bateaux naviguant entre Anvers et l'Allemagne rhénane, n'ont rien de fixe ; la longueur varie de 50 à 80 mètres, la largeur de 6 à 10 mètres, le tirant d'eau de $1^m,80$ à $2^m,60$ et le tonnage de 400 à 1,000 tonnes.

Les dimensions qui paraissent convenir le mieux pour les beurts rhénans sont les suivantes : longueur 65 à 70 mètres ; largeur, 7 à 8 mètres ; tirant d'eau $2^m,10$ à $2^m,30$; la capacité correspondante est comprise entre 500 et 700 tonnes.

Les bateaux du Rhin, d'un tonnage plus grand, ne

viennent que rarement à Anvers; ils sont construits sans quille, n'obéissent pas bien au gouvernail et tiennent difficilement dans les eaux zéelandaises, fréquemment houleuses; de plus, il leur arrive de devoir alléger en route, dès que les eaux du fleuve descendent en contrebas de l'étiage de navigation.

Parmi les plus grands bateaux en bois on peut citer les « Ludwigshafen IV et VII », mesurant chacun 76 mètres de longueur et $9^m,80$ de largeur, tirant $2^m,40$ d'eau et jaugeant plus de 700 tonnes; parmi ceux en fer, « La Mathilde », ayant $73^m,50$ de longueur et $9^m,70$ de largeur, tirant $2^m,10$ d'eau et jaugeant 1,000 tonnes.

Equipage.

L'équipage d'un steamer d'environ 600 tonnes, se compose ordinairement :

D'un capitaine	1	homme.
D'un matelot faisant fonctions de second.	1	»
De deux matelots	2	»
D'un mousse	1	»
D'un machiniste	1	»
Et de deux chauffeurs	2	»
	8	hommes.

En été, il y a en outre un chauffeur supplémentaire.

Lorsque le beurt est remorqué, cet équipage se réduit à :

Un capitaine.	1	homme.
Deux matelots	2	»
Un mousse	1	»
	4	hommes.

Le capitaine ou un matelot fait, dans les deux cas, les fonctions de pilote.

Selon la connaissance que leurs timoniers ont de la route, les capitaines prennent un pilote, les uns, déjà à Anvers, à Dordrecht ou à Gorcum ; les autres, seulement à Wesel, à Ruhrort, à Cologne ou à Coblence.

Au chapitre suivant on reviendra sur ce sujet.

CHAPITRE III

NAVIGABILITÉ DES DIFFÉRENTES EAUX. — TIRANT D'EAU DISPONIBLE. — BALISAGE. — NAVIGATION A VAPEUR, A VOILE ET AVEC HALAGE.

Escaut occidental.

Les bateaux trouvent, sur l'Escaut occidental, même à marée basse, un tirant d'eau de 5^m,50 ; la navigation se fait à vapeur, à voile et avec le courant de la marée.

La rivière est bien balisée et éclairée la nuit.

Canal de Zuid-Beveland.

Ce canal est en communication, d'une part, avec l'Escaut occidental, à Hansweert, et d'autre part, avec l'Escaut oriental, à Wemeldingen, par deux écluses : l'une, à grandes dimensions, livre passage aux bateaux de fort tonnage ; l'autre, de dimensions moindres, aux petits bateaux.

Le canal a 10 mètres au plafond, des talus à 5 de base pour 2 de hauteur et il présente un tirant d'eau de 6^m,50. La navigation se fait à voile, à vapeur et par halage ; un service régulier de halage par chevaux est organisé par l'Etat néerlandais, qui en a fait l'objet d'une adjudication. Pour la traversée du canal on paie le premier cheval un florin et demi et chaque cheval suivant un florin.

Les bateaux voiliers trouvent dans ce bief de canal

un excellent refuge, dont ils profitent en cas de gros temps ou de vents contraires sur l'Escaut occidental ou sur les eaux zéelandaises. Il arrive que des bateaux y séjournent pendant plusieurs jours.

Escaut oriental. — Keeten. — Mastgat. — Zype. — Krammer. — Volkrak et Hollandsch Diep.

Ces eaux sont soumises entièrement au régime de la marée ; on y rencontre partout des hauts-fonds sablonneux qui doivent être évités par les bateaux ; le balisage, fait par l'Administration de la Marine néerlandaise, indique, pendant le jour, d'une manière très précise le chenal navigable.

Dans ces parages les bateaux à voile sont contrariés très souvent par les vents d'ouest et de nord-ouest ; lorsque ces vents sont violents, les bateaux sont exposés à être lancés sur les bancs de sable où fréquemment ils se brisent à marée descendante.

Dordsche Kil. — Mallegat. — Oude Maas.

De Moerdijk à Dordrecht.

Le chenal est droit, la passe bien balisée et la navigation s'y fait régulièrement, tant à voile qu'à vapeur ; le tirant d'eau, à marée basse, atteint 4 à 5 mètres.

On est occupé à élargir la rivière en divers endroits, afin de faciliter le mouvement de la marée et de provoquer ainsi l'approfondissement et la régularisation du chenal.

La seule entrave que rencontre la navigation provient du pont tournant de Dordrecht, sous le chemin de fer Anvers-Rotterdam ; ce pont reste fermé plus ou moins longtemps au passage des trains et les bateaux, principalement les voiliers, subissent de ce chef des retards considérables.

Eaux conventionnelles du Rhin.

En amont de Dordrecht les bateaux entrent dans les eaux conventionnelles du Rhin, c'est-à-dire, les eaux régies par les actes du Congrès de Vienne de 1815 et les conventions conclues à la suite de ce traité, entre les Etats intéressés.

Les rivières et parties de rivières qui tombent sous ce régime sont :

Le Pelser, le Noord et la Nouvelle Meuse, de Dordrecht à Rotterdam ;

La Vieille Merwede, la Merwede supérieure, de Dordrecht à Gorcum; le Waal ; le Pannerdensch kanaal; le Neder-Rijn ; le Lek ; le Boven-Rijn (Rhin supérieur) jusqu'à la frontière prussienne; le Rhin allemand jusqu'à Bâle.

Les États intéressés sont : les Pays-Bas, la Prusse, la Hesse, la Bavière, le Grand-Duché de Bade et l'Alsace-Lorraine.

Une commission centrale permanente de navigation, formée de délégués de ces États, s'occupe de tout ce qui concerne la navigation, la police, la statistique, etc.; elle fait des propositions relatives à l'administration et à la police de la rivière ; elle siège aussi comme cour de dernière instance dans les affaires judiciaires auxquelles a donné lieu la navigation et qui ont été jugées par les tribunaux des différents pays.

De temps en temps, une autre commission spéciale, dite technique, est formée. Chacun des Gouvernements des Etats prénommés y est représenté par un ingénieur. Elle visite la rivière, juge de l'effet produit par les travaux exécutés, émet son avis sur ceux projetés ou en propose de nouveaux, ayant pour but d'améliorer la navigation.

C'est elle qui, en 1861, a arrêté la largeur du che-

nal navigable et le tirant d'eau à réaliser sur les différentes sections du Rhin, entre Rotterdam et Mannheim.

Elle a adopté pour cote d'étiage d'été la moyenne des cotes observées à l'échelle d'étiage à Cologne (1) pendant les six mois d'été, mai-octobre, de 1851 à 1860 inclusivement, soit 38^{m}.80 + Æ, cote qui correspond à 2^{m},95 + 0 à l'échelle de Cologne. Prenant ensuite pour cote des eaux basses moyennes de navigation, celle de 35^{m},85 + Æ, soit 1^{m},50 + 0 à l'échelle de Cologne, elle a décidé que les travaux à exécuter au Rhin conventionnel devaient avoir pour but de réaliser, pour cette hauteur d'eau :

De Rotterdam à Cologne, un tirant d'eau de.		3^{m},00
De Cologne à Coblence,	id.	. 2^{m},50
De Coblence à Bingen,	id.	. 2^{m},00
De Bingen à Mannheim,	id.	. 2^{m},50

La commission de 1874, vu les résultats déjà obtenus entre Coblence et Saint-Goar, a proposé de prolonger la section à tirant d'eau de 2^{m},50, de façon à ne maintenir le mouillage de 2 mètres que sur la partie comprise entre Saint-Goar et Bingen.

Entre Bingen et Saint-Goar la largeur du chenal a été fixée à 90 mètres ; de Saint-Goar à la frontière néerlandaise elle doit augmenter progressivement jusqu'à 150 mètres et atteindre dans les Pays-Bas 150 à 200 mètres.

Aux rubriques consacrées ci-dessous aux différentes sections de rivière on verra jusqu'à quel point on a réussi, par les travaux exécutés jusqu'à ce jour, à atteindre les résultats qu'on visait.

(1) Entre Rotterdam et Mannheim, le batelage règle toutes les opérations d'après les cotes d'eau de l'échelle de Cologne.

Vieille Merwede ou Merwede inférieure.

De Dordrecht à Hardinxveld-Werkendam.

La largeur normale de cette rivière est de200 mètres; le chenal est très régulier et la navigation n'éprouve pas la moindre difficulté. La marée se fait encore sentir d'une manière sensible ; vu la régularité du chenal, le balisage est peu important. Un pont est en construction entre Papendrecht et Sliedrecht pour livrer passage au chemin de fer de Dordrecht à Arnhem.

Merwede supérieure.

De Hardinxveld à Gorcum-Loevenstein.

La largeur normale de cette rivière est de 600 mètres ; sur cette partie on trouve un chenal très tortueux, qui change jusqu'à dix fois de rive.

Lorsque le débit du Waal descend très bas, il arrive que, à marée basse, les bateaux de très fort tonnage ne peuvent passer d'une courbe à l'autre; dans ce cas ils sont forcés d'attendre la marée montante, mais ils ne doivent toutefois pas alléger.

Par des travaux déjà achevés et par ceux à exécuter dans un avenir très rapproché, on compte arriver à une régularisation satisfaisante, sinon parfaite du chenal.

En attendant, un balisage complet indique aux bateliers le chemin à suivre.

La marée se fait encore sentir, mais moins que sur la partie précédente.

Nouvelle Merwede.

De Moerdijk à Werkendam.

A travers les nombreuses lagunes qui forment le Biesbosch, situées dans le quadrilatère Moerdijk,

Dordrecht, Gorcum, Geertruidenberg, le Gouvernement néerlandais a créé une rivière qui, à son origine amont, à Werkendam, a 450 mètres de largeur et, à son extrémité aval, à Moerdijk, 600 mètres.

On a donné à cette rivière le nom de « Nouvelle Merwede ».

Depuis une série d'années on y a beaucoup travaillé ; des digues insubmersibles ont été construites sur les rives, des ouvrages établis en lit de rivière et des dragages très importants faits tant par entreprise qu'au moyen de dragueurs et de personnel appartenant à l'Etat. De bons résultats ont été obtenus. Lors de la mise à exécution de leurs projets les ingénieurs néerlandais ont compté sur le jeu de la marée pour compléter les travaux faits de main d'homme et ils n'ont pas été trompés dans leur attente. Des profils, levés d'année en année, montrent que le flux et le reflux contribuent puissamment au creusement de cette nouvelle voie navigable.

Celle-ci devra servir non seulement à l'écoulement des hautes eaux du Waal et à l'évacuation de ses glaçons, et sous ce rapport elle rendra des services immenses, mais encore, dans un avenir peu éloigné, elle sera entre Moerdijk et Werkendam le chemin navigable le plus facile, grâce à sa grande largeur, à sa régularité et au jeu de la marée. L'amplitude de la marée ne fera qu'augmenter d'intensité, au fur et à mesure que la rivière s'approfondira.

Déjà aujourd'hui la Nouvelle Merwede est navigable pour les beurts rhénans du port d'Anvers ; mais ces embarcations ne le suivent pas parce que les bateliers n'ont pas encore la pratique de cette route.

Dans quelques années, il n'en sera plus ainsi ; le batelage sera heureux de trouver une voie navigable plus commode que celle suivie jusqu'à ce jour ; toute-

fois, elle ne sera accessible qu'aux bateaux dont le gréement permettra de passer sous le pont fixe de Moerdijk.

Waal.

A Loevenstein commence le régime réellement fluvial de la voie de navigation d'Anvers vers l'Allemagne. A Woudrichem, en face et en amont de Gorcum, l'amplitude moyenne de la marée n'est plus que de $0^m,22$; plus en amont on n'a pas fait des observations.

La largeur normale de la rivière, à l'étiage, entre Loevenstein et Zalt-Bommel, est de 400 mètres, et, de Zalt-Bommel à Pannerden, de 360 mètres.

Le Waal a une pente moyenne kilométrique d'environ $0^m,09$; cette rivière présente donc, sous ce rapport, les conditions les plus avantageuses à la navigation.

Aussi y voit-on, lorsque les eaux sont à une cote convenable, une circulation très active de bateaux de toute espèce.

Mais il y a aussi un côté fâcheux, c'est la grande mobilité du chenal navigable.

Après chaque crue importante on constate dans le lit du fleuve des bouleversements tels qu'il faut quelquefois recourir à des dragages pour rétablir un chenal.

L'Administration du Waterstaat fait tout ce qui est possible pour remédier à cet état de choses ; elle surveille de près les mouvements des hauts fonds et par un balisage très complet (voir chapitre XII), elle parvient à éviter aux bateliers tout accident pouvant résulter des changements survenus au chenal.

Par des travaux systématiques, exécutés depuis une quinzaine d'années, tels que : épis, digues longitudi-

nales, suppression de faux bras, dragages, etc., la rivière a été considérablement améliorée.

Les Pays-Bas dépensent annuellement 600,000 florins à l'entretien et à l'amélioration du Waal et du Boven-Rijn. On compte réaliser très prochainement le tirant d'eau de 3 mètres, en dessous des eaux de 1^{m},50 à l'échelle de Cologne, eaux basses moyennes de navigation.

RELEVÉ des profondeurs minima du Waal, de 1873 à 1880, d'après les rapports annuels au Roi sur les travaux publics exécutés dans les Pays-Bas.

DATES.	LOCALITÉS.	ÉTIAGE par rapport à $A\!P$, à l'échelle de		COTE D'EAU DU JOUR par rapport à $A\!P$, à l'échelle ci-contre.	PROFONDEUR dans le chenal.	PROFONDEUR par rapport à l'étiage.	OBSERVATIONS.
23 nov. 1873	Slijk Ewijk.	Nimègue . .	8.47	7.60	1.96	2.83	Navigation gênée par manque d'eau quelques jours en février et pendant les mois d'octobre, de novembre et de décembre.
25 id.	IJzendoorn.	Tiel	5.32	4.58	1.90	2.64	
22 id.	Varik.	Saint-André .	3.96	3.34	1.78	2.40	
26 id.	Vuren.	Zalt-Bommel .	3.05	2.41	1.80	2.44	
15 et 16 nov. 1874	Slijk Ewijk.	Nimègue . .	8.47	6.72	1.42	3.17	Navigation interrompue par des glaçons, quelques jours en février et les 4 derniers jours de décembre. Elle a été entravée par manque d'eau, particulièrement en novemb.
16 id.	IJzendoorn.	Tiel	5.32	3.78	1.30	2.84	
16 id.	Wamel.	Id.		3.78	1.40	2.94	
16 id.	Tiel.	Id.		3.78	1.35	2.89	
15 id.	Varik.	Saint André .	3.96	2.45	1.13	2.64	
15 id.	Vuren.	Zalt-Bommel .	3.05	1.56	1.34	2.83	
26 sept. 1875	Kilomètre XIX.	Hulhuizen . .	10.08	8.99	1.68	2.77	Navigation interrompue par la débâcle pendant la première huitaine de janvier, le 13, 14 et 15 février et du 7 au 15 décembre. Gênée pendant quelques jours en mars, avril, mai, août et septembre, chaque fois par manque d'eau.
27 id.	Slijk-Ewijk.	Nimègue . .	8.47	7.31	1.55	2.71	
27 id.	Varik.	Saint-André .	3.96	3.00	1.96	2.92	
27 id.	Ecluse Saint-André.	Id.		3.00	1.93	2.89	
25 id.	Zalt Bommel.	Zalt-Bommel .	3.05	2.08	1.79	2.76	
25 id.	Vuren.	Id.		2.08	1.30	2.27	
25 id.	Id.	Id.		2.08	1.35	2.32	
5 nov. 1876	Gent (passage d'eau).	Hulhuizen . .	10.08	9.16	1.92	2.84	Navigation interrompue par les glaçons du 8 au 25 janvier. Entravée par hautes eaux à la fin de février et au commencement de mars et par manque d'eau pendant quelques jours en novembre.
28 août id.	Nimègue.	Nimègue . .	8.47	8.10	2.06	2.43	
31 oct. id.	Id.	Id.		7.72	1.60	2.35	
5 nov. id.	Id.	Id.		7.59	1.55	2.43	
31 mai id.	Ecluse Saint-André.	Saint-André .	3.96	4.32	1.80	1.44	
29 août id.	Id.	Id.		3.65	1.93	2.24	
25 oct. id.	Id.	Id.		2.65	1.79	3.23	
5 nov. id.	Id.	Id.		3.22	1.68	2.40	

24 oct. 1877	Entrée du Waal	Hulhuizen	10.08	9.13	2.17	3.12	Navigation entravée par manque d'eau, un peu en septembre et novembre et beaucoup en octobre.
24 id.	Hulhuizen (aval).	Id.		9.13	1.66	2.61	
24 id.	Gent (passage d'eau).	Id.		9.13	1.50	2.45	
24 id.	Sprokkelenburg.	Id.		9.13	1.52	2.47	
21/22 id.	Nimègue.	Nimègue	8.47	7.38	1.68	2.77	
21/22 id.	Deest.	Id.		7.38	1.74	2.83	
22/25 id.	Saint-André, (kil. 67).	Saint-André	3.96	3.40	1.41	1.97	
22/25 id.	Rossum, (kil. 69).	Id.		3.40	1.16	1.72	
15 id.	Saint-André, (kil. 67).	Id.		3.89	1.45	1.52	
15 id.	Rossum, (kil. 69).	Id.		3.89	1.20	1.27	
24 oct. 1878	Hulhuizen.	Hulhuizen	10.08	9.78	2.54	2.84	Navigation gênée un peu en octobre par manque d'eau.
24 id.	Gent (passage d'eau).	Id.		9.78	2.10	2.40	
24 id.	Sprokkelenberg.	Id.		9.78	2.35	2.65	
1er mars id.	Nimègue.	Nimègue	8.47	9.08	9.46	3.84	
24/25 oct. id.	Tiel.	Id.		8.00	1.85	2.32	
15/16 fév. id.	Varik (kil. 66).	Saint-André	3.96	4.12	2.80	2.36	
30 juill. id.	Rossum (kil. 69).	Id.		4.55	3.10	2.51	
29/30 sept. id.	Saint-André.	Id.		4.10	2.08	1.94	
26 nov. id.	Id.	Id.		4.24	2.80	2.52	
17 août id.	Kil. 70 amont.	Id.		4.40	2.55	2.36	
30 juill. id.	Kil. 71 aval.	Id.		4.55	3.20	2.61	
19 oct. 1879	Hulhuizen.	Hulhuizen	10.08	9.61	2.30	2.72	Navigation entravée en janvier et décembre par hautes eaux, la glace et la débâcle. Un manque d'eau ne s'est pas produit.
19 id.	Gent (passage d'eau).	Id.		9.64	1.88	2.30	
19 id.	Tiel (kil. 57).	Nimègue	8.47	7.92	1.95	2.50	
19 id.	Varik (kil. 66).	Saint-André	3.96	3 62	2.58	2.92	
19 id.	Gameren (kil. 80).	Zalt-Bommel	3.05	3.02	2.04	2.07	
19 id.	Entre Nieuwaal et Hellouw.	Id.		3.02	2.79	2.82	
29 id.	Brakel (kil. 88).	Id.		3.02	2.25	2.27	
8 oct. 1880	Hulhuizen (kil. 11 et 12).	Hulhuizen	10.08	9.85	2.12	2.35	Navigation gênée par débâcle du 1er au 10 janvier, du 17 janvier au 8 février et par manque d'eau du 15 au 17 septembre; par hautes eaux pendant quelques temps en décembre.
2 juin id.	Gent (passage d'eau, kil. 18-19),	Id.		9.35	1.85	2.40	
11 fév. id.	Tiel à l'aval (kil. 57).	Nimègue	8.47	7.56	1.89	2.80	
5 avril id.	Varik à l'aval (kil. 66).	Saint-André	3.96	3.55	2.55	2.96	
11 fév. id.	Saint-André (kil. 68).	Id.		3.29	1.90	2.57	
15-17-18 sept. id.	Opijnen (kil. 73).	Zalt-Bommel	3.05	2.90	2.24	2.39	
4/5 avril id.	Haaften (kil. 78).	Id.		2.87	1.77	1.95	
8 oct. id.	Vuren à l'aval, (kil. 91).	Id.		2.96	1.62	1.71	

De l'examen de ce tableau il résulte :

1° Qu'assez fréquemment les eaux demeurent en dessous de l'étiage de navigation d'été et assez bas par rapport à cet étiage;

2° Que les hauts fonds sont très mobiles, puisqu'ils se déplacent d'une année à l'autre ;

3° Que le chenal s'approfondit d'une manière continue ;

4° Que les endroits les plus difficiles sont Vuren, Saint-André, Varik, Tiel et Gent ;

5° Que l'on s'approche de plus en plus du tirant d'eau proposé par la Commission internationale technique du Rhin.

Ponts. — Les ponts de Zalt-Bommel, sous le chemin de fer de Bois-le-Duc à Utrecht, et celui de Nimègue, sous le chemin de fer de Nimègue à Arnhem, ne portent aucune entrave au passage des bateaux.

Ports et embarcadères. — Le long du Waal on trouve les ports suivants : Zalt-Bommel, Tuil, Tiel et Nimègue ; ce dernier est le plus grand.

Il y a des embarcadères à Zalt-Bommel, à Tiel et à Druten ; à Nimègue, le fleuve est longé par des murs de quai.

A Saint-André le Waal communique avec la Meuse par un canal, dont la tête, du côté de la première rivière, est fermée par une écluse de garde.

(Boven Rijn) Rhin supérieur.

La largeur normale de cette partie de la rivière, à l'étiage, est de 400 mètres ; la profondeur est plus que suffisante pour la navigation ; il y a bien des années qu'un bateau n'ait été arrêté dans sa marche sur cette section de rivière.

La pente de superficie est d'environ $0^m,16$ par kilomètre et, par conséquent, très favorable encore à la navigation, tant à voile qu'à vapeur.

Le balisage est aussi parfait que sur le Waal; seulement, à cause de la régularité et de la profondeur du chenal, il n'est pas nécessaire d'avoir autant de balises.

A Lobith se trouve l'embarcadère de la douane néerlandaise.

Sur les eaux conventionnelles des Pays-Bas la navigation se fait à la voile et à la vapeur.

Rhin allemand.

Au point de vue de la navigabilité, le Rhin, de la frontière à Emmerich jusqu'à Mannheim, peut être partagé en quatre sections, savoir :

De la frontière à Cologne ; de Cologne à Coblence ; de Coblence à Bingen ; de Bingen à Mannheim, cette dernière section se subdivisant en deux autres : la première comprise entre Bingen et Mayence; la seconde entre Mayence et Mannheim (1).

PREMIÈRE SECTION.

De la frontière, à Emmerich, à Cologne.

La pente moyenne est de $0^m,16$ par kilomètre; la navigation, tant à voile qu'à vapeur, est facile; aussi est-elle très active; le tirant d'eau est de 3 mètres aux eaux basses moyennes d'été.

(1) Au point de vue hydrographique ces sections se réduisent à trois. De la frontière à Hersel, en amont de Cologne : rivière de largeur très variable, affectée de beaucoup de courbes; lit de gravier de grosseur moyenne. De Hersel à Bingen : rivière à pente accidentée, mais affectant moins de courbes que la section précédente; fond rocailleux, particulièrement entre Coblence et Bingen. De Bingen à Mannheim : rivière très large, avec beaucoup de bras inutiles à la navigation, en partie barrés; pente faible; peu de courbes; lit de sable, présentant des hauts fonds très mobiles.

A Orsay, la passe navigable était jadis des plus difficiles, à cause de la courbure accentuée et du peu de largeur du chenal; dans ce chenal des courants et contrecourants se développaient, grâce à sa grande profondeur, laquelle variait de 8 à 14 mètres.

La remonte des bateaux à voile n'était possible qu'avec des vents exceptionnels.

L'Administration prussienne a considérablement amélioré la situation en exécutant certains travaux. Elle a diminué la profondeur par un exhaussement du lit de 4 à 5 mètres, au moyen d'épis de fond (Grundschwellen); elle a redressé la rive gauche, concave, au moyen d'épis et elle a rendu à la rivière la section nécessaire par des dragages exécutés sur la rive droite, convexe. Les produits de ces dragages ont été transportés sur la rive gauche entre les épis.

Partout ailleurs la rivière se trouve dans de bonnes conditions de navigabilité; là où elle présente un ou plusieurs faux bras, on n'a conservé qu'un seul pour chenal navigable.

Celui-ci présente des difficultés à Zons, où les bateliers, non familiarisés avec la passe, prennent un pilote.

Ponts de bateaux. — Il y a des ponts de bateaux à Wesel, à Dusseldorf et à Cologne; ils ne portent aucune entrave à la navigation, mais les bateliers qui ne naviguent pas journellement sur le Rhin, afin d'éviter des accidents, prennent un pilote à tous ces ponts.

Pont volant. — A Spijck on rencontre un pont volant pour le service du chemin de fer de Clèves à Arnhem.

Ponts fixes. — Des ponts fixes pour chemin de fer sont établis à Wesel, à Rheinhausen, à Dusseldorf et à Cologne; ce dernier, à tablier double, sert également à la circulation ordinaire.

Le pont de Dusseldorf seul donne lieu à des plaintes de la part du batelage ; son emplacement a été mal choisi ; il se trouve dans une courbe et, de plus, une pile se trouve dans l'ancien chenal de navigation. On a exécuté, il est vrai, des travaux de régularisation, mais, soit qu'ils n'aient pas été complets, soit qu'ils n'aient pas exercé toute l'action escomptée, la navigation en descente est très dangereuse en cet endroit, ainsi que le prouvent les accidents qui s'y sont produits.

L'Administration prussienne espère qu'avec le temps le chenal navigable, qui passe normalement par la travée de droite, s'améliorera ; que les bateliers acquerront de plus en plus l'habitude du passage et que par suite les chocs de bateaux et de radeaux contre les piles deviendront de moins en moins fréquents. Dans ces parages, où la rivière est enserrée partout par des chemins de fer et des établissements industriels, il est impossible d'élaborer des projets de travaux ne tenant compte que des intérêts de la navigation.

DEUXIÈME SECTION.

De Cologne à Coblence.

Entre ces deux villes la pente moyenne kilométrique est de $0^{m},23$, répartie irrégulièrement ; le tirant d'eau, aux eaux basses moyennes de navigation, est de $2^{m},50$.

Sur le parcours de Cologne à Hersel il n'existe qu'un seul chenal navigable.

A l'embouchure de la Sieg, le chenal est très étroit et très profond ; cette passe est nommée Rheindorfer Kehle (gorge de Rheindorf) ; elle ne peut, en basses eaux, livrer passage qu'à un bateau. Lorsque la rivière n'atteint pas la cote $3^{m},50$ à l'échelle de Bonn, un homme, placé en vigie, surveille cet endroit.

A Hersel une île partage le fleuve en deux chenaux, dont l'un, celui de gauche, est réservé à la remonte et l'autre, celui de droite, à la descente.

A Nonnenwörth une situation identique se présente, mais les bateaux suivent presque tous le chenal de droite.

A Hammerstein, où il y a également bifurcation, le chenal de droite est affecté au touage et celui de gauche à la navigation par bateaux isolés.

A Weissenthurm il existe également deux chenaux ; celui de gauche est destiné au passage des radeaux et des convois de bateaux et celui de droite à la navigation ordinaire.

A Engers-Saint-Sébastien le chenal est double : celui de gauche, le principal, occupant le thalweg, est très étroit ; celui de droite, assez courbe, est réservé aux convois. En basses eaux, le croisement des bateaux dans le chenal de gauche n'est pas possible ; une vigie surveille le passage, tant que la rivière ne marque pas $3^{m},20$ à l'échelle de Coblence.

En aval de Vallendar, le chenal est double ; la passe de gauche est la plus profonde et la plus facile.

Pont volant pour chemins de fer, à Obercassel, en amont de Bonn et

Pont de bateaux à Coblence ; la portière est mue à la vapeur. Une particularité d'installation mérite d'être signalée : afin de réduire la consommation de combustible, on laisse éteindre le feu le soir, mais au préalable on foule de l'air comprimé dans un réservoir en quantité suffisante pour pouvoir fournir deux manœuvres pendant la nuit.

TROISIÈME SECTION.

De Coblence à Bingen.

La partie la plus accidentée du Rhin est celle comprise entre Coblence et Bingen ; la pente kilométrique moyenne de 0m,29 est inégalement répartie ; tandis que de Coblence à Saint-Goar elle n'est que de 0m,19, de Saint-Goar à Oberwezel de 0m,26, elle atteint d'Oberwezel à Bacharach 0m,40 et de Bacharach à Bingen 0m,50.

Plus on remonte sur cette section, plus les dangers pour la navigation augmentent, par suite des nombreux rochers faisant saillie sur le fond du lit ; beaucoup émergent, d'autres, les plus dangereux, ne sont pas visibles.

L'attention du batelier doit être appelée tout spécialement sur les passages suivants :

Entre Oberspay et Osterspay, il existe deux chenaux navigables ; celui de droite, tellement étroit qu'on l'a nommé « das enge Thürchen » (la petite porte étroite), sert au passage des bateaux à vapeur, et celui de gauche à la navigation ordinaire.

Au « Ehrenthaler Wörth, » il y a également deux bras ouverts à la navigation.

En amont de Saint-Goar, « an der Bank », le chenal est double ; le passage de droite, « le Fabian », très peu profond et n'est pratiqué qu'à la remonte ; une vigie s'y trouve en permanence.

Au fameux rocher « Lorelay », la passe, qui se trouve sur la rive droite, est très difficile et couverte par une vigie.

Au rocher « Bodenlay », la rivière est partagée en deux bras navigables.

A Oberwezel, au « Tauberwörth », la passe, très

étroite, sur la rive droite, est gardée par une vigie, placée sur l' « Ochsenthurm » (Tour aux Bœufs).

A Caub, il y a deux chenaux, celui de gauche, « das Wilde Gefähr » (le Passage sauvage), servant à la descente, et celui de droite, « das Cauber Wasser » (l'Eau de Caub), à la remonte.

A Bacharach, le chenal est double ; la passe de gauche, la principale, est étroite et difficile à cause des rochers qui font saillie sur le lit de la rivière ; cet endroit, appelé « Wirbellay » (Rocher aux tourbillons), est surveillé par une vigie.

Au « Lorcherwörth », le chenal est double.

A Niederloch commencent les groupes de récifs qui s'étendent jusqu'à Bingen et qui jadis obstruaient presque complètement la rivière ; à Bingen, un banc de rocher traversait le fleuve. En travaillant à la mine pendant plus de cinquante années — travail qu'on poursuit encore d'une manière continue — et en construisant, en lit de rivière, une jetée longitudinale et, sur la rive gauche, une digue longitudinale, joignant les têtes d'une série d'épis, on est parvenu à créer deux passes navigables. Elles sont très dangereuses encore, à cause des rochers en saillie sur le fond, mais néanmoins, la situation a été améliorée considérablement.

De ces deux passes, celle de droite, dite « Bingerloch » (Trou de Bingen), est fréquentée par les bateaux ordinaires.

Celle de gauche, à forte pente de superficie, n'est praticable que pour les bateaux à vapeur ; dans cette passe le tirant d'eau est de $0^{m},60$ supérieur à celui du Bingerloch.

Le passage est surveillé par une vigie placée sur une tour dite « Maüsenthurm » (Tour aux Souris), qui s'élève sur l'ilot qui sépare les deux bras navigables.

Entre Coblence et Bingen, on trouve la profondeur minimum de 2 mètres au dessous des eaux basses moyennes de navigation d'été. On espère réaliser, en aval de Saint-Goar, un tirant d'eau de $2^m,50$ après que les travaux en cours d'exécution ou en projet, auront été terminés et qu'ils auront produit leur effet (1).

Ponts fixes. En amont de Coblence il existe deux ponts fixes pour chemins de fer ne causant pas la moindre entrave à la navigation.

QUATRIÈME SECTION.

De Bingen à Mannheim.

A. — De Bingen à Mayence.

La contrée comprise entre ces deux villes porte le nom de « Rheingau » (Campagne du Rhin); c'est elle qui produit les meilleurs vins du Rhin. Dans le Rheingau le lit du fleuve se distingue par la grande mobilité de son fond sablonneux; cette partie ressemble beaucoup au Waal; la pente de superficie y est très faible, $0^m,13$ par kilomètre.

La rivière présente beaucoup de faux bras et, en maint endroit, une largeur trop considérable; la création et le maintien d'un chenal de $2^m,50$ de profondeur aux basses eaux moyennes de navigation exigeraient la suppression de ces faux bras et une réduction de largeur, là où celle-ci est trop grande. Les travaux nécessaires avaient été projetés et déjà en partie exécutés, mais leur continuation vient d'être suspendue à la suite des réclamations des riverains; ceux-ci prétendent que, par une diminution considérable de la nappe liquide, on détruira, en grande partie, le pittoresque

(1) La Législature prussienne a mis à la disposition de l'administration, pour travaux d'amélioration au Rhin, un crédit de 30 millions de francs, à dépenser sur un nombre très restreint d'exercices.

de la contrée et qu'on réduira l'humidité de l'air au point de nuire à la qualité du raisin des coteaux.

Dans la situation actuelle, après chaque crue, on constate des ensablements et des déplacements de chenal, très préjudiciables à la navigation.

B. — De Mayence à Mannheim.

Sur cette dernière section le fleuve a également une très grande largeur ; la navigation y est très facile, grâce à la faible pente moyenne kilométrique de superficie, qui n'est plus que de $0^{m},12$; de plus, le lit y présente une stabilité telle que le tirant d'eau de $2^{m},50$ se conserve très bien.

Ponts. On passe des ponts de bateaux à Mayence et à Worms, un pont fixe à Mayence et des ponts volants à Bingen et à Worms. Au passage de ces ponts la navigation n'est nullement entravée.

Halage et remorque.

Le chemin de halage existe tout le long du Rhin allemand, mais on ne s'en sert guère ; le halage par chevaux n'est en usage que pour des bateaux faisant de petits trajets.

Lorsque, par hasard, des bateaux à voiles rencontrent, par vent contraire, des chevaux dans les fortes courbes, ils s'en servent pour franchir celles-ci.

Les bateaux sont mus généralement à la voile ou à la vapeur ; des remorqueurs, appartenant à différentes sociétés, circulent en assez grand nombre sur la rivière et sont d'un emploi constant.

Entre Obercassel, en amont de Bonn, et Bingen, un service de touage sur câble fonctionne régulièrement.

Balisage. Seules la partie du fleuve comprise entre Bingen et Mayence et une autre partie, de faible lon-

gueur, en amont de cette dernière ville, sont balisées au moyen de pièces de sapin flottantes, non peintes; ce balisage est loin d'être aussi parfait que celui qu'on rencontre dans les Pays-Bas.

Pilotes. Sur toute la partie allemande du fleuve il y a des pilotes patentés; les patentes non seulement ne s'étendent qu'à des cantons bien délimités, mais sont encore spéciales pour la remonte et la descente.

La licence n'est accordée aux candidats que lorsque ceux-ci, à la suite d'un stage assez long, ont fait preuve, par un examen oral et par un voyage d'essai, qu'ils connaissent la route et savent conduire un bateau.

Ce n'est guère qu'en aval de Cologne que les bateliers familiers avec la rivière peuvent se passer de pilote; en amont de cette ville, presque tous les bateaux sont conduits par des pilotes patentés.

Navigabilité du Rhin pendant la période décennale de 1871-80.

1871. Navigation entravée plus ou moins par la glace, les hautes eaux ou le manque d'eau	164	jours.
Navigation complètement libre . . .	201	»
1872. Navigation entravée plus ou moins par manque d'eau	42	»
Navigation entravée complètement par les glaçons	5	»
Navigation entravée plus ou moins par les crues	66	»
Navigation complètement libre . . .	253	»
1873. Navigation entravée faiblement par manque d'eau	54	»
Navigation entravée par crues . . .	31	»
Id. complètement libre . . .	280	»

1874. Navigation interrompue par les glaçons pendant quelques jours, en février et en décembre.

Navigation entravée par manque d'eau de fin janvier au 22 mars et du commencement d'octobre au 22 novembre; le service pour voyageurs entre Cologne et Dusseldorf a dû chômer 68 jours. Année de sécheresse.

1875. Navigation interrompue par des débâcles pendant quelques jours en janvier, février et décembre; entravée par les hautes eaux en novembre et par manque d'eau quelque temps en janvier, février et septembre. Année favorable à la navigation.

1876. Navigation interrompue plusieurs jours par des débâcles et des hautes eaux pendant le premier trimestre et par les hautes eaux en juin. Pendant le restant de l'année, elle a été complètement libre.

1877. Navigation entravée fortement et assez longtemps en automne, par manque d'eau, particulièrement entre Mayence et Biebrich.

1878. Navigation à pleine charge complètement libre pendant toute l'année.

1879. Navigation interrompue par les glaçons	35	jours.
Navigation entravée plus ou moins par les hautes eaux	19	»
Navigation entravée par le manque d'eau . . . . , ...	4	»
Navigation complètement libre . . .	307	»
1880. Navigation interrompue par les glaçons.	41	»
Navigation entravée plus ou moins par les hautes eaux	39	»
Navigation entravée par le manque d'eau	9	»
Navigation complètement libre. . .	277	»

Ports et embarcadères allemands.

PORTS.

Les principaux ports sont les suivants :

Emmerich, port de douane et de refuge.

Wesel, port de la ville.

Ruhrort, rive droite, port du chemin de fer de l'Etat; le plus important port intérieur de l'Allemagne.

Homberg, en face du précédent, rive gauche, port du chemin de fer de l'Etat.

Hochfeld, port de chemin de fer de l'Etat.

Duisburg, port de la ville.

Uerdingen, port de la ville.

Dusseldorf, port de la ville.

Neuss, port de la ville (ancien canal du nord).

Cologne, deux ports de la ville : l'un, aval, assez grand, servant spécialement de refuge, et l'autre, amont, servant spécialement aux expéditions.

Coblence, port de la ville.

Oberlahnstein, port de chemin de fer de l'Etat.

Saint-Goar, port de refuge; il n'offre pas toujours le tirant d'eau voulu.

Bingerbrück (en aval de Bingen), port du chemin de fer de l'Etat.

Schierstein, port de refuge.

Mayence, en amont, port de la ville. Un nouveau grand port est en construction en aval de la ville.

Gustafsbourg, en amont et en face de Mayence, rive droite ; port du chemin de fer de l'Etat.

Gernsheim, port de refuge et de chargement.

Worms, port de la ville.

Mannheim, grand port de l'Etat badois, entre le Neckar et le Rhin ; il a coûté 30 millions de francs.

Ludwigshafen, en face, rive gauche; port de l'Etat bavarois.

EMBARCADÈRES.

Les principaux embarcadères sont les suivants :

Deutz, en face de Cologne, Bonn, Königswinter, Remagen, Linz, Bröhl, Audernach, Neuwied, Vallendar, Biebrich.

CHAPITRE IV

DISPOSITIONS PRINCIPALES DE POLICE ET DE NAVIGATION A OBSERVER SUR LES DIFFÉRENTES SECTIONS DU PARCOURS.

Escaut occidental.

Les règlements en vigueur sont suffisamment connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de les détailler ici.

Les dispositions réglementaires les plus importantes sont celles prescrites par arrêté royal du 4 mars 1851, portant des mesures relatives à la navigation sur les fleuves, rivières, canaux, ports et rades de la Belgique

En vertu de ce règlement, tout navire à vapeur naviguant la nuit, doit porter deux lanternes bien claires et bien allumées ; l'une, à feu rouge, hissée au mât de l'arrière ou au mât de pavillon, si le navire n'a qu'un seul mât ; l'autre, à feu vert, hissée au mât de l'avant ou au grand mât, si le navire n'a qu'un seul mât. Suivent d'autres dispositions.

Certains armateurs trouvent la lumière verte peu visible le soir et prétendent qu'à des moments donnés la lumière rouge peut être cachée par les mâts et qu'il peut en résulter des dangers pour les grands bateaux intérieurs, tels que les beurts rhénans Ils préféreraient voir prescrire, pour leur propre sécurité, les feux de mer ; feu rouge à babord, feu vert à tribord et feu de mât, selon les circonstances.

Canal de Wemeldingen à Hansweert.

Les prescriptions de police et de navigation en vigueur sont celles applicables d'une manière générale aux canaux des Pays-Bas ; la vitesse maxima permise aux bateaux à vapeur est de 7k,50 à l'heure.

Eaux zéelandaises, y compris le Dordsche Kil, le Mallegat et l'Oude Maas.

Les seules dispositions réglementaires existantes sont celles édictées par deux arrêtés royaux, à observer par les bateaux intérieurs dans le but d'éviter les collisions (*Staatsblad* n° 119, 1875, et n° 171, 1878).

Les feux sont les mêmes que ceux prescrits sur l'Escaut en Belgique (1).

Merwede, Waal, Boven-Rijn et Rhin allemand.

Le règlement sur le Rhin conventionnel a été arrêté par les délégués des Etats intéressés, à Mannheim, le 17 octobre 1868 et modifié le 15 février 1878; il a force de loi sur tout le parcours du fleuve jusqu'à Bâle. De plus, par arrêté du roi des Pays-Bas, du 24 juin 1869, il a été rendu applicable, dans les Pays-Bas, à toutes les rivières en communication avec le Rhin, entr'autres aux Merwede.

Ce règlement est aussi peu restrictif que possible.

Navigation en général. — Il établit quelques conditions générales auxquelles doivent satisfaire les bateaux pour pouvoir être admis à naviguer ; il porte quelques

(1) Les armateurs, qui critiquent la réglementation belge, auxquels ce fait a été signalé, prétendent que dans les eaux zéelandaises la navigation des bateaux intérieurs, relativement à celle des bateaux de mer, est plus considérable que sur l'Escaut en aval d'Anvers et que, par suite d'une plus grande pratique, les règlements sont mieux observes dans les eaux néerlandaises que dans les eaux belges.

prescriptions à observer par les bateaux en stationnement et ceux en marche, lorsqu'ils passent devant des embarcations amarrées ou sur ancre, devant des ouvrages d'art en construction, lorsqu'ils rencontrent d'autres bateaux ou qu'ils veulent en dépasser.

Navigation à vapeur. — La navigation à vapeur est complètement libre. Le règlement impose des signaux spéciaux pour annoncer certaines manœuvres; la nuit, les bateaux à vapeur doivent porter des feux bien déterminés, qui permettent de distinguer un bateau à voyageurs, un bateau à marchandises ou un remorqueur.

Les signaux de nuit pour manœuvres sont également spécifiés.

Les seules entraves policières qui restreignent la navigation à vapeur sont imposées par le régime de la rivière en temps de hautes eaux et en temps de basses eaux.

Hautes eaux. — Aux embarcadères de Mannheim, Mayence, Biebrich, Coblence, Cologne, Dusseldorf, Emmerich, Nimègue, Tiel et Zalt-Bommel, sont placées, à des hauteurs différentes, de bas en haut, les marques I, II, III.

Lorsque la rivière atteint ces marques, les bateaux à vapeur ont à observer, d'un embarcadère à l'autre, les dispositions suivantes :

a) *Les eaux atteignent ou dépassent la marque I.*

Les bateaux doivent, en descente, circuler au milieu de la rivière et, en remonte, se tenir de la crête ordinaire de la berge au moins à une distance égale à deux longueurs de bateau, soit à 80 mètres. Si les bateaux se rapprochent davantage de la rive, ils doivent ralentir leur marche.

b) *Les eaux atteignent ou dépassent la marque II.*

La navigation de nuit est interdite; pendant le jour

les bateaux doivent suivre l'axe de la rivière et ceux en descente ne prendre plus d'aire que ne l'exige la conduite du bateau. Pour l'accostage aux embarcadères, la vitesse doit être réduite.

c) *Les eaux atteignent ou dépassent la marque III.*

La navigation à vapeur, sauf celle pour le service des passages d'eau, est complètement interdite.

Basses eaux. — Les bateaux remorqués par des bateaux à vapeur doivent être tenus dans la même file, en aval de Saint-Goar, dès que l'eau est tombée, à l'échelle de Cologne, en dessous de $1^{m},30$ et, en amont de Saint-Goar, lorsqu'elle marque moins de 1 mètre à l'échelle de Mayence. La remorque à vapeur, pendant la nuit, est complètement interdite.

Remorque à vapeur. — Entre Saint-Goar et Bingen, un bateau à vapeur ne peut remorquer, en remonte, plus de trois bateaux rangés en file et, en descente, plus de quatre accouplés deux par deux.

Bateaux échoués. — Le conducteur d'un bateau échoué est obligé de placer, à une distance minimum d'une lieue en amont de l'endroit où le bateau est échoué et à chaque embouchure de rivière navigable située dans ce rayon, un homme qui doit prévenir de l'accident les bateaux et radeaux en descente.

Cette sentinelle doit être maintenue jusqu'à ce que le bateau soit remis à flot ou que l'autorité de la rivière, qui doit être avertie immédiatement de l'accident, ait, par les publications nécessaires, porté le fait à la connaissance du batelage.

L'épave doit être signalée par le batelier et, à son défaut, par les autorités locales, le jour, par un drapeau blanc, hissé sur le bateau ou sur une bouée et, la nuit, par une lanterne à lumière blanche.

Vigies. — Aux passes étroites et difficiles sont placées des vigies, savoir :

1° A la gorge de Rheindorf, en amont de l'ancienne embouchure de la Sieg, lorsque l'échelle de Bonn marque moins de 3m,50;

2° Au haut fond d'Engers, à Engers-Saint-Sébastien, lorsque l'échelle de Coblence marque moins de 3m,20;

En tout temps :

3° An der Bank, en amont de Saint-Goar;

4° En face du Kammereck, sur la rive droite;

5° Près d'Oberwezel, sur l' « Ochsenthurm »;

6° Au rocher de « Wirbellay », à Bacharach;

7° Au Bingerloch, sur le « Mäusenthurm ».

Les signaux de ces vigies sont :

a) *Drapeau rouge*, pour annoncer qu'un bateau, en descente, approche ou est engagé dans la passe;

b) *Drapeau blanc*, pour annoncer qu'un train de bateaux remorqué, en descente, approche ou est engagé dans la passe;

c) *Drapeau blanc et drapeau rouge*, pour annoncer qu'un radeau est en descente.

Chacun de ces signaux indique, en outre, que la navigation en descente est libre, et l'absence de tout signal, que la navigation en remonte est libre.

Tout bateau, stationné à Bingen, qui veut descendre la rivière, doit hisser un fanal blanc, dix minutes avant son départ; il ne peut se mettre en route qu'après y avoir été autorisé par le signal réglementaire à donner par la vigie du Mäusenthurm.

Il y a, en outre, pour le service des convois de bateaux en remonte, remorqués à vapeur, une vigie ambulante, entre Saint-Goar et Oberwezel. Elle précède le remorqueur et annonce, au moyen d'un drapeau rouge, l'approche de tout bateau descendant.

Les frais de vigie sont à charge des bateliers, qui paient selon des tarifs établis.

Radeaux. — Les radeaux doivent être précédés par une vigie montée sur une barquette, portant un drapeau à seize carreaux rouges et noirs, et ayant sur le radeau une avance d'au moins une heure.

Entre Mannheim et Coblence leur largeur ne peut dépasser 63 mètres ; en aval de Coblence cette limite est portée à 72 mètres.

L'équipage, les câbles, les chaînes et les ancres que les radeaux doivent porter, les barques et les nacelles dont ils doivent être accompagnés, sont fixés par le règlement à raison de leur capacité.

A côté des marques limitatives de la navigation à vapeur, dont il a été question ci-dessus, deux repères sont fixés aux embarcadères : l'un est à observer en temps de crue, l'autre en temps de décrue ; dès que le premier est atteint et tant que le second ne l'est pas, aucun radeau ne peut se mettre en route; ceux en marche doivent s'arrêter au premier rivage praticable aux radeaux.

CHAPITRE V

NATURE DES TRANSPORTS. — RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES SUR LES MOUVEMENTS TOTAUX DES PORTS ALLEMANDS ET SUR LES EXPÉDITIONS ENTRE CES PORTS ET CEUX D'ANVERS, ROTTERDAM, AMSTERDAM ET AUTRES DES PAYS-BAS. — TRANSPORTS SOUS PAVILLON BELGE.

Le port d'Anvers expédie vers le Rhin des marchandises diverses, telles que :

Grains, farines d'Amérique, minerai de fer, pétrole, térébenthine, résines, colophane, brai, café, riz, fruits secs, corinthes, noix, drogueries, bois de cèdre, coton, jutes, guano et d'autres articles de moindre importance.

Il reçoit de l'Allemagne des produits de différente nature, tels que :

Charbon, rails, steelblooms (loupes d'acier pour la fabrication de rails), fils de fer, bois de construction et de houillères, meules, ciments, trass, quartz, produits chimiques, couleurs sèches, vins, vinaigres, eaux minérales, etc.

A défaut de statistique régulière, tenue à Anvers et dans les Pays-Bas, les tableaux suivants ont été dressés d'après des renseignements pris à des sources diverses.

ANNÉE.	ARRIVAGES															MOUVEMENT TOTAL.	
	D'ANVERS.			DE ROTTERDAM.			D'AMSTERDAM.			Des autres ports Néerlandais.			DES PORTS ALLEMANDS.				
	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.
PORT DE MANNHEIM.																	
1871	—	3,988	1.12	—	82,718	23.31	—	7,459	2.12	—	750	0.21	—	260,013	73.25	—	354,928
1872	—	1,174	0.32	—	96,189	26.35	—	6,884	1.89	—	4,367	1.20	—	256,341	70.24	—	364,955
1873	—	3,270	0.80	—	149,953	36.37	—	7,918	1.92	—	284	0.07	—	250,810	60.84	—	412,244
1874	—	7,723	2.26	—	128,962	37.78	—	6,675	1.95	—	160	0.05	—	197,797	57.96	—	341,317
1875	—	17,156	3.86	—	123,010	27.65	—	4,756	1.07	—	193	0.04	—	299,697	66.38	—	444,812
1876	—	6,409	1.26	—	161,944	31.96	—	4,467	0.88	—	250	0.05	—	333,846	65.85	—	506,916
1877	—	15,545	3.10	—	120,056	23.99	—	3,216	0.64	—	143	0.03	—	361,430	72.24	—	500,390
1878	113	25,993	4.27	1,084	168,721	27.71	53	3,802	0.62	52	258	0.04	3,495	410,102	67.36	4,697	608,876
1879	20	2,171	0.30	654 bateaux 106,682 tonnes 14.68 p. %									3,663	617,089	85.02	4,337	725,942
1880	124	32,480	4.80	1,104	199,147	29.42	71	8,455	1.25	100	103	0.01	2,581	436,888	64.52	3,881	677.173
PORT DE LUDWIGSHAFEN.																	
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1873	—	947	1.00	57,435 tonnes 60.36 p. %									—	36,774	38.64	—	95,156
1874	—	1,074	1.32	40,678 id. 49.98 id.									—	39,642	48.70	—	81,394
1875	—	2,223	2.17	51,321 id. 50.18 id.									—	48,730	47.65	—	102,274
1876	—	2,502	3.10	48,165 id. 59.60 id.									—	30,153	37.30	—	80,820
1877	—	867	1.05	48,737 id. 59.06 id.									—	32,924	39.89	—	82,528

... ...gés de la Belgique avec ceux des Pays-Bas.

1872								Id.			id.						
1873	—	1,736	1.58	—	29,128	26.48	—	2,913	2.65	—	—	—	—	76,236	69 29	—	110,013
1874	—	3,653	3.45	—	21,206	20.00	—	694	0.65	—	5	0.00	—	80,468	75.90	—	106,016
1875	—	2,172	1.87	—	20,820	17.92	—	735	0.63	—	8	0.01	—	92,431	79.57	—	116,166
1876	—	1,431	1.43	—	21,083	21.13	—	1,148	1.15	—	5	0.01	—	76,098	66.28	—	99,765
1877	—	1,771	1.80	—	18,561	19.99	—	1,592	1.71	—	9	0.01	—	70,898	76.49	—	92,831
1878	58	3,533	4.32	206	18,814	23.02	46	1,713	2.10	—	—	—	2,243	57,673	70.56	2,553	81,735
1879	64	4,619	5.09	210	24,451	26.93	49	2,220	2.45	—	33	0.04	2,106	59,469	65.50	2,429	90,792
1880	74	5,724	6.28	182	21,287	23.36	39	2,648	2.91	—	—	—	2,289	61,475	67.45	2,584	91,134

PORT DE COBLENCE.

1871	—	—	—	182	3,757	9.79	26	491	1.28	61	407	1.06	4,228	33,713	87.85	4,497	38,368
1872	9	60	0.19	—	2,208	6.93	—	261	0.82	—	147	0.46	—	29,186	91.60	—	31,862
1873	21	651	0.74	—	1,497	1.68	—	204	0.23	—	—	—	—	85,908	97.35	—	88,260
1874	10	518	2.20	—	2,104	8.96	—	429	1.83	—	12	0.05	—	20,430	86.96	—	23,493
1875	15	141	0.55	—	2,112	8.17	—	223	0.86	—	100	0.39	—	23,261	90.03	—	25,837
1876	9	111	0.38	186	3,267	11.06	13	285	0.97	9	13	0.04	2,794	25,866	87.55	3,011	29,542
1877	11	201	0.60	—	3,412	10.10	—	376	1.11	—	17	0.05	—	29,770	88.14	—	33,776
1878	12	276	0.73	189	3,213	8.49	13	724	1.91	9	35	0.09	2,768	33,589	88.78	3,021	37,837
1879	21	819	2.36	158	2,641	7.61	38	665	1.92	8	25	0.07	3,119	30,545	88.04	3,344	34,695
1880	33	714	2.19	167	3,063	9.41	39	421	1.29	4	154	0.47	—	28,201	86.63	—	32,553

PORT DE COLOGNE.

1871	33	4,059	2.11	970	73,001	37.94	86	2,557	1.33	43	8,901	4.63	3,307	103,872	53.99	4,439	192,390
1872	46	7,043	3.21	—	78,982	35.97	—	6,553	2.98	—	8,684	3.96	—	118,293	53.88	—	219,555
1873	74	10,504	5.27	—	71,132	35.72	—	9,627	4.83	—	7,272	3.65	—	100,613	50.73	—	199,148

On a dû renseigner comme provenant d'Anvers, toutes les marchandises ayant pour origine un port belge quelconque, la statistique allemande renseignant tous les ports belges sous une seule rubrique.

ANNÉES.	ARRIVAGES															MOUVEMENT TOTAL.	
	D'ANVERS.			DE ROTTERDAM.			D'AMSTERDAM.			Des autres ports Néerlandais			DES PORTS ALLEMANDS.				
	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.
PORT DE COLOGNE (*Suite*).																	
1874	59	7,894	4.31	—	61,882	33.80	—	9,293	5.08	—	22,613	12.35	—	81,420	44.46	—	183,102
1875	—	9,917	5.84	—	54,723	32.21	—	6,766	3.98	—	8,374	4.92	—	90,122	53.05	—	169,902
1876	58	10,169	6.59	842	58,536	37.92	65	7,077	4.58	36	7,085	4.59	3,160	71,515	46.32	4,161	154,382
1877	67	13,264	10.52	—	46,098	36.57	—	2,588	2.05	—	5,865	4.65	—	58,252	46.21	—	126,067
1878	73	9,454	7.35	933	51,342	39.91	74	4,582	3.56	13	1,700	1.32	3,167	61,564	47.86	4,260	128,642
1879	132	18,492	11 88	936	67,065	43.07	83	5,986	3.85	10	1,518	0.97	3,073	62,643	40.23	4,234	155,704
1880	103	11,973	8.15	876	58,222	39.64	115	6,365	4.33	7	951	0.65	—	69,382	47.23	—	146,893
PORT DE DUSSELDORF.																	
1871	13	1,606	1.13	729	34,518	24.20	68	6,796	4.90	8	1,300	0.91	1,505	98,227	68.86	2,323	142,647
1872	19	2,754	1.96	—	48,191	34.31	—	6,392	4.55	—	—	—	—	83,140	59.18	—	140,477
1873	48	3,373	2.32	—	55,425	38.10	—	8.432	5.80	—	741	0.51	—	77,515	53.27	—	145,486
1874	30	2,691	2.11	—	33,195	25.98	—	7.510	5.88	—	—	—	—	84,351	66.03	—	127,747
1875	—	2,190	2.11	—	24,646	23.74	—	12,031	11.59	—	—	—	—	64,960	62.56	—	103,827
1876	23	2,351	2.41	622	32,674	33.46	66	4,052	4.15	—	1,032	1.06	1,305	57,535	58.92	2,016	97,644
1877	55	7,241	7.30	—	22,864	23.07	—	2,323	2.34	—	6,321	6.38	—	60,377	60.91	—	99,126
1878	65	6,758	7.24	694	25,993	27.83	58	3,104	3.32	27	4,792	5.13	1,356	52,746	56.48	2,200	93,393
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4,754	9.98	1,254	41,176	45.52	2,133	90,407

1878	132	19,451	—.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1879	168	24,919	9.25	368	57,238	21.25	39	3,877	1.44	50	5,611	2.08	511	177,768	65.98	1,136		269,413
1880	154	23,438	7.97	387	64,493	21.92	50	3,918	1.33	31	4,570	1.55	—	197,734	67.22	—		294,153

PORT DE RUHRORT.

1871	13	1,820	0.79	642	45,354	41.63	17	1,988	0.87	208	21,414	9.35	570	108,486	47.36	1,450	229,062
1872	25	2,611	0.65	—	169,674	42.44	—	3,820	0.96	—	35,950	8.99	—	187,784	46.96	—	399,839
1873	7	1,005	0.28	—	192,644	54.20	—	4,529	1.27	—	25,233	7.10	—	131,991	37.15	—	355,402
1874	9	909	0.39	—	101,966	43.84	—	1,497	0.64	—	43,744	18.81	—	84,492	36.32	—	232,208
1875	—	1,696	0.75	—	113,610	50.21	—	527	0.23	—	30,072	13.29	—	80,376	35.52	—	226,281
1876	126	15,190	6.59	730	130,525	56.60	14	1,168	0.51	174	25,638	11.12	340	58,106	25.18	1,384	230,627
1877	178	18,794	5.96	236,857 tonnes 75.15 p. %									—	59,511	18.89	—	315,162
1878	274	43,082	11.18	1,172	219,629	56.98	89	5,574	1.45	214	21,694	5.63	521	84,437	24.76	2,272	385,416
1879	122	14,973	4.61	1,215	215,258	66.27	50	2,698	0.83	206	27,079	8.34	745	64,788	19.95	2,338	324,796
1880	110	31,328	7.92	1,143	220,718	55.83	47	3,451	0.87	187	19,355	4.90	—	120,489	30.48	—	395,341

PORT DE WESEL.

1871	6	1,214	2.73	632	3,698	8.33	43	2,794	6.29	27	377	0.85	2,492	36,331	81.80	3,200	44,414
1872	9	206	0.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48,540
1873	16	718	1.33	—	5,615	10.40	—	1,739	3.22	—	603	1.12	—	45,300	83.93	—	53,975
1874	14	268	0.45	—	4,321	7.30	—	2,181	3.68	—	932	1.57	—	51,499	87.00	—	59,201
1875	—	607	1.62	—	5,428	14.51	—	2,131	5.70	—	1,349	3.60	—	27,900	74.57	—	37,415
1876	39	2,562	9.92	560	4,759	18.42	35	1,041	4.03	16	334	1.29	2,287	17,136	67.34	2,937	25,832
1877	46	2,734	10.76	—	3,881	15.28	—	988	3.89	—	—	—	—	17,802	70.07	—	25,405
1878	86	2,970	6.62	690	4,442	9.90	53	473	1.05	18	934	2.08	2,154	36,069	80.35	3,001	44,888
1879	76	4,638	18.72	675	5,941	23.98	47	736	2.97	21	248	1,00	1,790	13,214	53.33	2,609	24,777
1880	33	1,362	24.70	584	6,550	25.56	86	1,841	7.20	99	544	2.12	—	10,360	40.43	—	25,624

ANNÉES.	EXPÉDITIONS															MOUVEMENT TOTAL.	
	VERS ANVERS.			VERS ROTTERDAM.			VERS AMSTERDAM.			Vers les autres ports Néerland.			Vers les autres ports Allemands				
	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.
PORT DE MANNHEIM.																	
1871	—	115	0.25	—	19,053	41.92	—	1,911	4.08	—	519	1.11	—	24,680	52.64	—	46,878
1872	—	167	0.32	—	14,652	27.88	—	1,390	2.64	—	637	1.21	—	35,713	67.95	—	52,559
1873	—	93	0.13	—	13,975	19.43	—	967	1.34	—	976	1.36	—	55,912	77.74	—	71,923
1874	—	164	0.30	—	12,146	22.07	—	618	1.12	—	436	0.79	—	41,677	75.72	—	55,041
1875	—	146	0.24	—	15,209	24.64	—	692	1.12	—	1,365	2.21	—	44.320	71.79	—	61,732
1876	—	1,152	2.19	—	16,955	32.30	—	1,220	2.32	—	493	0.94	—	32,671	62.25	—	52,491
1877	—	1,170	0.84	—	24,238	17.40	—	764	0.55	—	392	0.28	—	112.747	80.93	—	139,311
1878	40	1,848	9.85	718	20,326	31.36	59	1,301	2.01	52	504	0.78	903	40,836	63.00	1,799	64,815
1879	14	4,857	9.39	421 bateaux 7,705 tonnes 5.37 p. %									1,262	130,867	91.24	1,697	143,429
1880	40	2,161	2.38	655	30,543	33.69	51	3,551	3.92	3	630	0.69	935	53,769	59.32	1,684	90,654
PORT DE LUDWIGSHAFEN.																	
1871	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1872	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1873	—	30	0.15	6,845 tonnes 34.34 p. %									—	13,057	65.51	—	19,932
1874	—	—	—	6,016 id. 17.57 id.									—	28,220	82.43	—	34,236
1875	—	—	—	6,973 id. 26,57 id.									—	19,249	73.41	—	26,222
1876	—	—	—	7,920 id. 31.02 id.									—	17,612	68.98	—	25,532
1877	—	735	2.15	14.526 id. 42.53 id.									—	18,800	55.32	—	34,151
1878		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1879	18	529	1.14	447 bateaux [illegible]									[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

1871	Confondu dans les transports vers la Belgique avec ceux vers les Pays-Bas.																
1872								Id.				id.					
1873	—	398	2.13	—	7,836	41.84	—	880	4.70	—	—	—	—	9,614	51.33	—	18,728
1874	—	429	3.21	—	5,405	40.50	—	456	3.42	—	106	0.79	—	6,950	52.08	—	13,346
1875	—	125	0.77	—	6,608	40.81	—	636	3.93	—	186	1.15	—	8,636	53.34	—	16,191
1876	—	981	5.67	—	7,802	45.10	—	839	4.84	—	107	0.62	—	7,571	43.77	—	17,300
1877	—	97	0.55	—	7,740	43.70	—	956	5.40	—	144	0.81	—	8,776	49.54	—	17,713
1878	13	150	1.18	144	6,906	54.18	35	1,054	8.27	—	—	—	1,560	4,636	36.37	1,752	12,747
1879	23	426	2.03	143	8,972	42.72	42	1,410	6.71	—	111	0.53	1,509	10,082	48.01	1,717	21,001
1880	20	385	2.76	151	5,778	42.95	39	1,152	8.28	—	—	—	1,574	6,606	46.01	1,784	13,921
							PORT DE COBLENCE.										
1871	—	—	—	331	2,117	13.30	36	161	1.01	36	67	0.42	2,160	13,567	85.27	2,563	15,912
1872	—	—	—	—	4,116	29.59	—	195	1.40	—	61	0.44	—	9,537	68.57	—	13,909
1873	5	9	0.06	—	2,769	19.45	—	328	2.30	—	—	—	—	11,131	78.19	—	14,237
1874	5	8	0.07	—	2,693	23.38	—	900	7.81	—	26	0.23	—	7,892	68.51	—	11,519
1875	6	10	0.07	—	2,603	19.21	—	199	1.47	—	30	0.22	—	10,705	79.03	—	13,547
1876	4	11	0.06	299	3,053	17.71	29	234	1.36	25	38	0.22	1,795	13,904	80.65	2,152	17,240
1877	2	5	0.02	—	2,976	14.64	—	251	1.23	—	69	0.34	—	17,031	83.77	—	20,332
1878	7	2	0.03	366	1,995	29.39	41	316	4.66	24	45	0.66	1,432	4,430	65.26	1,870	6,788
1879	8	15	0.09	323	2,976	18.42	42	290	1.79	20	41	0.25	1,885	12,834	79.45	2,378	16,156
1880	4	11	0.07	353	3,613	23.11	42	374	2.39	15	10	0.06	—	11,627	74.37	—	15,635
							PORT DE COLOGNE.										
1871	2	269	0.53	877	16,251	32.24	59	5,843	11.79	—	—	—	1,972	28,037	55.44	2,910	50,400
1872	1	116	0.21	—	22,123	39.23	—	6,222	11.03	—	40	0.07	—	27,893	49.46	—	56,394
1873	24	3,551	5.70	—	25,090	40.26	—	6,914	11.09	—	89	0.14	—	26,681	42.81	—	62,325

On a dû renseigner comme dirigées sur Anvers, toutes les marchandises ayant pour destination un port belge quelconque, la statistique allemande renseignant tous les ports belges sous une seule rubrique.

ANNÉES.	EXPÉDITIONS															MOUVEMENT TOTAL.	
	VERS ANVERS.			VERS ROTTERDAM.			VERS AMSTERDAM.			Vers les autres ports Néerland.			Vers les autres ports Allemands				
	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.	Pour cent.	Nombre des bateaux.	Chargement.
PORT DE COLOGNE (*Suite*).																	
1874	40	5,036	11.44	—	11,105	25.23	—	5,824	13.23	—	80	0.18	—	21,976	49.92	—	44,021
1875	—	9,001	20.23	—	9,845	22.13	—	5,568	12.52	—	55	0.12	—	20,017	45.00	—	44,486
1876	64	5,135	9.97	692	13,003	25.25	104	8,025	15.58	6	691	1.34	1,743	24,643	47.86	2,609	51,497
1877	65	3,455	5.12	—	21,730	32.23	—	6,919	10.26	—	57	0.09	—	35,255	52.30	—	67,416
1878	76	3,173	4.50	952	10,194	14.46	103	11,859	16.82	6	123	0.17	1,925	45,157	64.05	3,062	70,506
1879	38	2,606	4.15	739	20,751	33.03	106	10,093	16.06	5	156	0.25	1,830	29,224	46.51	2,718	62,830
1880	54	203	0.30	814	24,217	35.89	103	11,835	17.54	3	43	0.06	—	31,178	46.21	—	67,476
PORT DE DUSSELDORF.																	
1871	2	236	0.63	640	15,772	41.81	42	1,555	4.12	—	—	—	748	20,162	53.44	1,432	37,725
1872	8	43	0.12	—	16,842	48.68	—	1,417	4.06	—	—	—	—	16,622	47.14	—	34,924
1873	2	37	0.12	—	15,914	50.21	—	1,089	3.44	—	—	—	—	14,654	46.23	—	31,691
1874	—	—	—	—	16,047	52.53	—	3,272	10.71	—	—	—	—	11,227	36.76	—	30,546
1875	—	7,032	19.93	—	17,097	48.45	—	3,765	10.67	—	—	—	—	7,390	20.95	—	35,285
1876	11	603	2.18	583	15,482	56.00	18	1,375	4.97	—	—	—	785	10,187	36.85	1,397	27,647
1877	4	223	0.65	—	20,924	61.21	—	941	2.66	—	—	—	—	12,128	35.48	—	34,180
1878	8	168	0.51	716	21,004	63.80	50	1,566	4.76	—	—	—	880	10,182	30.93	1,663	32,920
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	—	—	—	779	9,578	24.40	1,538	38,407

PORT DE DUISBOURG.

1878	145	22,095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1879	162	25,687	4.64	175	40,647	7.35	67	10,137	1.83	1,233	208,277	37.66	945	268,333	48.52	2,582	553,031
1880	101	17,641	2.69	187	46,166	7.03	56	10,506	1.60	1,543	260,409	39.68	—	321,621	49.00	—	656,343

PORT DE RUHRORT.

1871	—	—	—	86	14,111	56.49	9	1,257	5.03	22	4,530	18.13	38	5,083	20.35	157	24,981
1872	1	25	0.11	—	16,945	72.91	—	2,605	11 21	—	2,661	11.45	—	1,004	4.32	—	23,240
1873	1	15	0.12	—	9,859	79.80	—	604	4.89	—	701	5.67	—	1,176	9.52	—	12,355
1874	53	14,205	21.79	—	35,114	53.86	—	2,193	3.36	—	5,341	8.19	—	8,348	12.80	—	65,201
1875	—	29,879	28.78	—	37,621	36.23	—	695	0.67	—	17,838	17.18	—	17,784	17.14	—	103,817
1876	85	22,970	26.87	119	29,599	34.62	29	4,243	4.96	60	17,322	20.26	101	11,366	13.29	394	85,500
1877	532	56,771	44.17	55,278 tonnes 43.01 p. %									—	16,471	13.82	—	128,520
1878	646	121,844	7.47	791	136,144	8.35	147	17,143	1.05	7,434	899,309	55.14	2,604	406,576	27.99	11,622	1,631,016*
1879	593	97,947	6.43	994	122,899	8.07	116	14,216	0.93	7,770	894,217	58.73	2,289	393,288	23.84	11,767	1,522,567*
1880	823	104,216	6.14	1,345	322,259	18.98	572	133,814	7.88	2,513	685,456	40.38	—	451,701	26.61	—	1,697,476*

PORT DE WESEL.

1871	—	—	—	584	197	0.66	29	116	0.39	1	11	0.04	1,511	29,719	98.91	2,125	30,013
1872	1	1	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,620	100.00	—	23,621
1873	6	332	1.30	—	521	2.05	—	258	1.01	—	2,036	7.99	—	22,320	87.65	—	25,467
1874	3	15	0.06	—	245	0.94	—	160	0.61	—	1,552	5.94	—	24,154	92.45	—	26,126
1875	—	5	0.02	—	568	2 56	—	110	0.50	—	896	4.03	—	20,659	92.89	—	22,238
1876	—	—	—	814	1,805	9.68	28	2,485	13.33	19	805	4.32	2,096	13,551	72 67	2,957	18,646
1877	—	87	2.11	—	722	17.55	—	164	3.99	—	—	—	—	3,141	76.35	—	4,114
1878	8	154	1.13	502	411	3.01	62	376	2.75	3	68	0.50	2,429	12,650	92.61	3,004	13,659
1879	29	668	7.99	507	1,821	21.77	70	288	3.44	29	1,503	17.97	2,056	4,085	48.83	2,621	8,365
1880	21	1,474	13.98	497	409	3.88	74	221	2.10	52	4,097	38.01	—	4,430	41.03	—	10,541

La statistique des années 1878-79 et 80 comprend les expéditions de charbons de Ruhrort.

De l'examen de ce tableau il résulte que depuis 1871, nos relations commerciales par eau avec l'Allemagne rhénane ont considérablement augmenté, mais que, dans ces derniers temps, ce mouvement a subi un recul.

Dans les tableaux suivants, *A* et *B*, dressés au moyen des précédents, toutes les marchandises, passant par

A. — Importation vers l'Allemagne, par bateau d'une part du p[illegible]

ANNÉES.	MANNHEIM.		LUDWIGSHAFEN.		MAYENCE.		COBLENCE	
	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam
1871. . . .	1.12	25.43	—	—	—	—	—	[illegible]
1872. . . .	0.32	28.24	—	—	—	—	0.19	[illegible]
1873. . . .	0.30	38.29	1.00	60.36	1.58	29.13	0.74	[illegible]
1874. . . .	2.26	39.69	1.32	49.98	3.45	20.65	2.20	[illegible]
1875. . . .	3.86	28.72	2.17	50.18	1.87	18.55	0.55	[illegible]
1876. . . .	1.26	32.84	3.10	59.60	1.43	22.28	0.38	[illegible]
1877. . . .	3.10	24.64	1.05	59.06	1.80	21.70	0.60	[illegible]
1878. . . .	4.27	28.33	—	—	4.32	25.12	0.73	[illegible]
1879. . . .	0.30	14.68	1.05	76.06	5.09	29.38	2.36	[illegible]
1880. . . .	4.80	30.67	—	—	6.28	26.27	2.19	[illegible]

B. — Exportations d'Allemagne, par bateau d'une part vers le [illegible]

ANNÉES.	MANNHEIM.		LUDWIGSHAFEN.		MAYENCE.		COBLENCE	
	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam
1871. . . .	0.25	46.00	—	—	—	—	—	[illegible]
1872. . . .	0.32	30.52	—	—	—	—	—	[illegible]
1873. . . .	0.13	20.77	0.15	34.34	2.13	46.54	0.06	[illegible]
1874. . . .	0.30	23.19	—	17.57	3.21	43.92	0.07	[illegible]
1875. . . .	0.24	25.76	—	26.59	0.77	44.74	0.07	[illegible]
1876. . . .	2.19	34.62	—	31.02	5.67	49.94	0.06	[illegible]
1877. . . .	0.84	17.95	2.15	42.53	0.55	49.10	0.02	[illegible]
1878. . . .	2.85	33.37	—	—	1.18	62.45	0.03	[illegible]
1879. . . .	3.39	5.37	1.14	15.56	2.03	49.43	0.09	[illegible]
1880. . . .	2.38	37.61	—	—	2.76	51.23	0.07	[illegible]

Anvers, Rotterdam et Amsterdam, sont considérées comme importées ou exportées par navire de mer. Ces tableaux établissent les parts respectives que le port belge et les ports néerlandais prennent dans les importations et les exportations allemandes, par la navigation rhénane.

d'Anvers, et d'autre part des ports de Rotterdam et d'Amsterdam.

COLOGNE.		DUSSELDORF.		DUISBOURG.		RUHRORT.		WESEL.	
D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.	D'Anvers.	de Rotterdam et Amsterdam.
2.11	39.27	1.13	29.10	—	—	0.79	42.50	2.73	14.62
3.21	38.95	1.96	38.86	—	—	0.65	43.40	0.42	—
5.27	40.55	2.32	43.90	—	—	0.28	55.47	1.33	13.62
4.31	38.88	2.11	31.86	—	—	0.39	44.48	0.45	10.98
5.84	36.19	2.11	35.33	—	—	0.75	50.44	1.62	20.21
6.39	42.50	2.41	37.61	—	—	6.59	57.11	9.92	22.45
10.52	38.62	7.30	25.41	—	—	5.96	75.15	10.76	19.17
7.35	43.47	7.24	31 15	—	—	11.18	58.43	6.62	10.95
11.88	46.92	5.90	38.90	9.35	22.69	4.61	67.10	18.72	26.95
8.15	43.97	7.12	33.58	7.97	23.25	7.92	56.70	24.70	32.76

l'Anvers, et d'autre part vers les ports de Rotterdam et d'Amsterdam.

COLOGNE.		DUSSELDORF.		DUISBOURG.		RUHRORT.		WESEL.	
par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.	par Anvers.	par Rotterdam et Amsterdam.
0.53	44.03	0.63	45.93	—	—	—	61.52	—	1.05
0.21	50.26	0.12	52.74	—	—	0.11	84.12	—	—
5.70	51.35	0.12	53.65	—	—	0.12	84.69	1.30	3.06
11.44	38.46	—	63.24	—	—	21.79	57.22	0.06	1.55
20.23	34.65	19.93	59.12	—	—	28.78	36.90	0.02	3.06
9.97	40.83	2.18	60.97	—	—	26.87	39.58	—	23.01
5.12	42.49	0.65	63.87	—	—	44.17	43.01	2.11	21.54
4.50	31.28	0.51	68.56	—	—	7.47	9.40	1.13	5.76
4.15	49.09	2.51	73.09	4.64	9.18	6.43	9.00	7.99	25.21
0.30	53.43	1.79	71.42	2.69	8.63	6.14	26.86	13.98	5.09

On constate le même fait qu'au tableau I. Mouvement croissant depuis 1871, mais décroissant pendant ces dernières années.

Les ports de Ruhrort, Duisbourg et Hochfeld, sont les trois ports du Rhin par lesquels sont expédiés les

Tableau III. — Expéditions p

ANNÉES.	DE RUHRORT						DE DUISBOU			
	Vers la Belgique.		Vers les Pays-Bas.		Expéditions totales.		Vers la Belgique.		Vers les Pays-Ba	
	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.
1871	468	0.04	618,376	59.38	1,041,338	—	—	—	89,048	[illegible]
1872	3763	0.33	752,753	65.34	1,151,970	—	3,447	0.79	114,020	[illegible]
1873	51,577	4.51	794,139	69.39	1,144,520	—	16,950	3.60	141,278	[illegible]
1874	16,674	1.61	703,762	68.00	1,035,005	—	3,562	1.03	114,144	[illegible]
1875	53,985	4.01	863,214	64.07	1,347,322	—	17,653	4.27	159,762	[illegible]
1876	59,785	4.19	1,013,378	70.93	1,428,726	—	23,693	5.80	144,014	[illegible]
1877	51,084	3.68	955,817	68.76	1,390,001	—	27,511	7.20	141,778	[illegible]
1878	78,968	5.29	986,135	66.05	1,492,860	—	22,095	5.71	162,990	[illegible]
1879	71,216	5.01	977,936	68.78	1,421,871	—	18,564	3.68	227,518	[illegible]
1880	77,026	4.78	1,093,365	67.88	1,610,664	—	12,670	2.06	296,030	[illegible]

Ce tableau donne lieu à la même remarque que les tableaux I et II.

La statistique des bateaux chargés passant à Emmerich, dressée non d'après les ports d'origine et de des-

charbons de la Ruhr ; le tableau suivant contient les renseignements sur les expéditions de charbon de ces ports vers la Belgique, vers les Pays-Bas et sur leurs expéditions totales.

u de charbon de la Ruhr.

		DE HOCHFELD						Observations.
xpéditions totales.		Vers la Belgique.		Vers les Pays-Bas.		Expéditions totales.		
onnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	Tonnes.	Pour cent.	
22,289	—	—	—	—	—	196,730	—	
39,101	—	—	—	—	—	240,450	—	
40,979	—	—	—	—	—	262,095	—	
47,106	—	—	—	—	—	210,285	—	
13,517	—	—	—	—	—	283,597	—	
08,464	—	14,814	5.08	66,586	22.82	291,788	—	
1,838	—	6,242	2.20	78,252	27.63	283,207	—	
37,074	—	15,644	4.25	136,917	37.20	368,090	—	
3,958	—	19,202	4.80	150,497	38.12	395,328	—	
4,864	—	16,516	4.05	120,784	29.61	407,965	—	

tination des marchandises, mais d'après le pavillon sous lequel elles sont transportées, est résumée dans le tableau suivant :

Tableau IV. — Relevé des bateaux char

	NATIONALITÉ.	NOMBRE des bateaux.	CHARGEMENT.	Pour cent.	NOMBRE des bateaux.	CHARGEMENT.	Pour cent.
		1871			1872		
EN REMONTE.	Belges	2	249	0.04	37	4.786	[illegible]
	Néerlandais. . . .	2,649	265,319	41.78	3,251	325,433	[illegible]
	Allemands et autres .	2,385	369,396	58.18	3,186	509,973	[illegible]
	TOTAUX. . .	5,036	634,964		6,474	840,192	
EN DESCENTE.	Belges	12	1,554	0.13	38	5,418	[illegible]
	Néerlandais. . . .	6,429	721,944	59.75	7,467	861,909	[illegible]
	Allemands et autres .	2,876	484,589	40.12	4,077	646,874	[illegible]
	TOTAUX. . .	9,317	1,208,187		11,582	1,514,201	
MOUVEMENT TOTAL.	Belges	14	1,803	0.10	75	10,204	[illegible]
	Néerlandais. . . .	9,078	987,263	53.56	10,718	1,187,312	[illegible]
	Allemands et autres .	5,261	854,085	46.34	7,263	1,156,847	[illegible]
	TOTAUX. . .	14,353	1,843,151		18,056	2,354,393	
		1876			1877		
EN REMONTE.	Belges	109	16,809	1.85	102	27,923	[illegible]
	Néerlandais. . . .	2,803	304,298	33.45	3,034	314,668	[illegible]
	Allemands et autres .	3,208	588,618	64.70	3,353	558,301	[illegible]
	TOTAUX. . .	6,120	909,725		6,489	900,892	
EN DESCENTE.	Belges	257	37,205	2.07	227	33,944	[illegible]
	Néerlandais. . . .	8,675	1,075,604	59.86	8,978	1,111,803	[illegible]
	Allemands et autres .	3,507	684,061	38.07	3,832	730,129	[illegible]
	TOTAUX. . .	12,439	1,796,870		13,037	1,875,876	
MOUVEMENT TOTAL.	Belges	366	54,014	2.00	329	61,867	[illegible]
	Néerlandais. . . .	11,478	1,379,902	50.98	12,012	1,426,471	[illegible]
	Allemands et autres .	6,715	1,272,679	47.02	7,185	1,288,430	[illegible]
	TOTAUX. . .	18,559	2,706,595		19,526	2,776,768	

passés au bureau frontière à Emmerich.

NOMBRE des bateaux.	CHARGEMENT.	Pour cent.	NOMBRE des bateaux.	CHARGEMENT.	Pour cent.	NOMBRE des bateaux.	CHARGEMENT.	Pour cent.
	1873			**1874**			**1875**	
119	13.942	1.40	65	10,755	1.51	77	13,410	1.80
3,803	423,921	42.50	2,884	294,883	41.43	2,617	259,386	34.85
3,232	559,632	56.10	2,621	406,070	57.06	2,989	471,208	63.35
7,244	997,495		5,570	711,712		5,683	744,004	
211	26,597	1.70	87	17,970	1.31	238	36,505	2.11
7,855	904,528	57.92	7,112	857,261	62.54	8,195	1,025,271	59.34
3,925	630,531	40.38	3,212	495,595	36.15	3,461	665,877	38.55
11,991	1,561,656		10,411	1,370,826		11,894	1,727,653	
330	40,539	1.58	152	28,729	1.38	315	49,915	2.02
11,748	1,328,449	51.91	9,996	1,152,144	55.32	10,812	1,284,657	51.98
7,157	1,190,163	46.51	5,833	901,665	43.30	6,450	1,137,085	46.00
19,235	2,559,151		15,981	2,082,538		17,577	2,471,657	
	1878			**1879**			**1880**	
156	32,648	2.90	173	44,779	3.48	138	39,834	3.03
3,802	421,386	37.39	417	481,256	37.41	3,710	573,413	34.60
3,910	672,948	59.71	38,10	760,335	59.11	4,810	701,900	53.37
7,868	1,126,982		88,00	1,286,370		8,658	1,315,147	
309	47,257	2.39	293	57,118	2.74	224	68,095	2.88
10,375	1,236,822	62.44	11,245	1,301,564	62.35	12,314	1,577,007	66.85
4,078	695,091	35.17	3,897	728,867	34.91	3,841	713,861	30.27
14,762	1,979,170		15,435	2,087,549		16,379	2,358,963	
465	79,905	2.57	466	101,897	3.02	362	107,929	2.94
14,187	1,658,208	53.38	16,062	1,782,820	52.84	16,024	2,150,420	58.53
7,978	1,368,039	44.05	7,707	1,489,202	44.14	8,651	1,415,761	38.53
22,630	3,106,152		24,235	3,373,919		25,037	3,674,110	

Récapitulation du mouvement total.

ANNÉES.	sous pavillon Belge.	sous pavillon Néerlandais.	sous tous les autres pavillons.	*Observations.*
1871 . .	0.10	53.56	46.34	
1872 . .	0.43	50.43	49.14	
1873 . .	1.58	51.91	46.51	
1874 . .	1.38	55.32	43.30	
1875 . .	2.02	51.98	46.00	
1876 . .	2.00	50.98	47.02	
1877 . .	2.23	51.37	46.42	
1878 . .	2.57	53.38	44.05	
1879 . .	3.02	52.84	44.14	
1880 . .	2.94	58.53	38.53	

La récapitulation montre que le nombre de bateaux belges fréquentant le Rhin, augmente d'une manière continue; l'année 1880 accuse toutefois une légère diminution.

Or, comme d'après les tableaux I, II et III, dans ces derniers temps, le trafic rhénan vers Anvers s'est ralenti dans des proportions bien plus considérables, ce ralentissement doit provenir particulièrement de ce que les bateaux allemands et néerlandais ne fréquentent plus en aussi grand nombre notre port.

Tableau V. — Mouvement du port de Mannheim.

	NATIONALITÉ.	1876 NOMBRE des bateaux.	1876 CHARGEMENT.	1876 Pour cent.	1877 NOMBRE des bateaux.	1877 CHARGEMENT.	1877 Pour cent.	1878 NOMBRE des bateaux.	1878 CHARGEMENT.	1878 Pour cent.	1879 NOMBRE des bateaux.	1879 CHARGEMENT.	1879 Pour cent.	1880 NOMBRE des bateaux.	1880 CHARGEMENT.	1880 Pour cent.
EN REMONTE.	Belges	2	228	0.05	11	1,237	0.24	19	2,902	0.48	20	2,171	0.36	17	2,262	0.33
	Néerlandais	435	44,826	9.37	866	63,794	12.56	552	65,407	1.07	656	106,682	17.55	588	92,672	13.69
	Allemands et autres	2,099	433,093	90.58	3,651	442,725	87.20	4,226	540,565	98.45	2,387	498,943	82.09	3,276	582,240	85.98
	Totaux	2,536	478,147		4,528	507,756		4,797	608,874		3,063	607,796		3,881	677,174	
EN DESCENTE.	Belges	11	419	0.76	18	790	0.78	25	1,088	1.68	14	4,857	8.23	13	685	0.76
	Néerlandais	315	4,207	7.65	778	10,174	10.03	435	8,614	13.29	421	7,705	13.06	420	12,350	13.62
	Allemands et autres	952	50,370	91.59	2,623	90,520	89.19	1,339	55,112	85.03	974	46,452	78.71	1,251	77,620	85.62
	Totaux	1,278	54,996		3,419	101,484		1,799	64,814		1,409	59,014		1,684	90,655	
MOUVEMENT TOTAL.	Belges	13	647	0.12	29	2,027	0.33	44	3,990	0.59	34	7,028	1.05	30	2,947	0.38
	Néerlandais	750	49,033	9.20	1,644	73,968	12.14	987	74,021	10.99	1,077	114,387	17.15	1,008	105,022	13.68
	Allemands et autres	3,051	483,463	90.68	6,274	533,245	87.53	5,565	595,677	88,42	3,361	545,405	81.80	4.527	659,860	85.94
	Totaux	3,814	533,143		7,947	609,240		6,596	673,688		4,472	666,810		5,565	767,839	

Récapitulation du mouvement total.

ANNÉES.	SOUS pavillon Belge.	SOUS pavillon Néerlandais.	SOUS tous les autres pavillons.	*Observations.*
1876. .	0.12	9.20	90.68	
1877. .	0.33	12.14	87.53	
1878. .	0.59	10.99	88.42	
1879. .	1.05	17.15	81.80	
1880. .	0.38	18.68	85.94	

On constate une progression croissante du mouvement vers la Belgique jusqu'en 1879 et un recul brusque en 1880.

Afin de compléter ces renseignements sur la navigation rhénane, j'ai fait ci-dessous le relevé du mouvement sur les affluents navigables du Rhin en 1879 ; pour cette année seulement j'ai pu dresser un tableau portant sur tous les affluents.

Navigation des affluents allemands du Rhin en 1879.

a. Canal de Spay, de Keeken (Rhin) à Clèves.

En remonte, 528 bateaux, dont 170 vides, avec un chargement total de 17,355 tonnes.

En descente, 385 bateaux, dont 178 vides, avec un chargement de 14,669 tonnes.

b. Ruhr (écluse de Mulheim).

En remonte, 297 bateaux vides.

En descente, 314 bateaux chargés, transportant 20,031 tonnes.

c. Moselle (Coblence).

En remonte, 657 bateaux, avec 10,224 tonnes.

En descente, 1,112 bateaux, avec 13,925 tonnes.

d. Lahn (Oberlahnstein).

En remonte, 1,069 bateaux à voile, dont 135 chargés, portant 6,118 tonnes.

En descente, 1,024 bateaux à voile, dont 65 vides, avec 81,865 tonnes de chargement total.

e. Main (Gustafsbourg, en face et en amont de Mayence).

Entre Gustafsbourg et Francfort :

En remonte, 174 bateaux à voile, dont 1 vide, portant 1,313 tonnes.

En descente, 158 bateaux à voile, dont 121 vides, avec 11,049 tonnes de chargement total.

En amont de Francfort :

En remonte, 1,918 bateaux à voile, dont 1,851 vides, portant 542 tonnes.

En descente, 1,907 bateaux à voile, avec 87,752 tonnes.

f. Neckar, Mannheim :

En remonte, 288 bateaux, avec 9,919 tonnes.

En descente, 703 bateaux, avec 2,263 tonnes de marchandises, 75,497 tonnes de bois flotté.

CHAPITRE VI

FRET. — FRAIS QUI FRAPPENT LA NAVIGATION.

Fret.

Le fret subit les fluctuations de l'offre et de la demande; il est des plus variables.

Pendant la guerre franco-allemande, lorsque les chemins de fer allemands ne pouvaient desservir les populations des pays traversés, on payait pour le

transport du last, d'Anvers à Mannheim, 80 à 90 florins des Pays-Bas, soit fr. 84-66 à fr. 95-24 la tonne (1).

Ce fret extraordinaire s'est maintenu quelque temps après la conclusion de la paix.

Lors de la reprise des affaires, il n'était plus que de 28 à 36 florins le last, soit fr. 29-68 à fr. 38-10 la tonne. Ces prix étaient encore très rémunérateurs. Cette prospérité du batelage ne devait pas être de longue durée. Les armateurs se mirent à construire un grand nombre de bateaux, de dimensions de plus en plus considérables et la concurrence augmenta par le fait même des intéressés.

En même temps, les administrations des chemins de fer, depuis l'Autriche jusqu'à la mer du Nord, cherchèrent à attirer sur les rails, par des tarifs conventionnels, le mouvement des marchandises circulant sur l'eau.

De ces causes réunies, il résulta que les prix des transports fluviaux baissèrent rapidement.

En 1878, le fret variait comme suit :

De Rotterdam à Ruhrort, par last, fl. 3-50 à 4-00, soit par tonne, fr. 3-71 à 4-24.

De Rotterdam à Cologne, par last, fl. 4-05 à 5-00, soit par tonne, fr. 4-76 à 5-29.

De Rotterdam à Mayence, par last, fl. 7-90 à 8-40, soit par tonne, fr. 8-36 à 8-89.

De Rotterdam à Mannheim, par last, fl. 8-50 à 9-00, soit par tonne, 9 francs à 9-53.

A la descente, on ne payait : De Mannheim et de Mayence à Rotterdam, que fl. 3-75 à 4-00 par last, soit par tonne, fr. 3-47 à 4-24.

(1) Pour tous les contrats de transport sur le Rhin on adopte, comme unité de poids, le last de 2,000 kilogrammes, et, comme unité de monnaie, le florin des Pays-Bas, ayant une valeur nominale de fr. 2·1164.

De Mannheim à Amsterdam ou Anvers, que fl. 4-50 à 5-00 par last, soit par tonne, fr. 4-76 à 5-29.

Les charbons de la Ruhr étaient expédiés sur Anvers à raison de fl. 3-80 le last, soit fr. 3-98 la tonne.

En 1879, on payait : De Rotterdam à Mayence, le last, fl. 8-50 à 12-50, soit la tonne, fr. 9-00 à 13-23.

De Rotterdam à Mannheim, le last, fl. 9-50 à 15-00, soit la tonne, fr. 10-06 à 15-88.

D'Anvers à Mayence et à Mannheim on payait, pour le last, au commencement de l'année, fl. 8-00, et à la fin, fl. 14-20, soit fr. 8-47 à 15-03 la tonne.

En descente, le fret de Mannheim et de Mayence sur Rotterdam variait entre fl. 3-50 à 5-00 le last, soit entre fr. 3-70 à 5-29 la tonne, et sur Anvers entre fl. 4-75 à 7-10 le last, soit entre fr. 5-00 et 7-51 la tonne.

En 1880, le fret a varié : De Rotterdam à Ruhrort, entre fl. 2-30 et 4-25 le last, soit de fr. 2-44 à 4-50 la tonne.

De Rotterdam à Cologne, entre fl. 3-95 et 5-85 le last, soit de fr. 4-18 à 6-19 la tonne.

De Rotterdam à Mayence, entre fl. 6-10 et 10-25 le last, soit de fr. 6-46 à 10-85 la tonne.

De Rotterdam à Mannheim, entre fl. 6-50 et 10-35 le last, soit de fr. 6-88 à 10-95 la tonne.

D'Anvers à Ruhrort, entre fl. 3-30 et 5-50 le last, soit de fr. 3-49 à 5-82 la tonne.

D'Anvers à Cologne, entre fl. 5-30 et 7-00 le last, soit de fr. 5-51 à 7-41 la tonne.

D'Anvers à Mayence, entre fl. 7-50 et 13-50 le last, soit de fr. 7-94 à 14-29 la tonne.

D'Anvers à Mannheim, entre fl. 8-00 et 14-00 le last, soit de fr. 8-47 à 14-92 la tonne.

En descente, on payait en moyenne : De Mannheim et de Mayence à Rotterdam, le last, fl. 3-75 à 5-50, soit la tonne, fr. 3-97 à 5-82.

De Cologne à Rotterdam, le last, fl. 3-25 à 3-75, soit la tonne, fr. 3-44 à 3-97

De Ruhrort à Rotterdam, le last, fl. 2-75 à 3-50, soit la tonne, fr. 2-91 à 3-71.

De Mannheim et de Mayence à Anvers, le last, fl. 5-00 à 5-50, soit la tonne, fr. 5-82 à 7-94.

De Cologne à Anvers, le last, fl. 4-00 à 6-00, soit la tonne, fr. 4-24 à 6-35.

De Ruhrort à Anvers, le last, fl. 3-50 à 5-50, soit la tonne, fr. 3-71 à 5-82.

Actuellement les frets sont les suivants :

Anvers-Ruhrort, le last, fl. 5-00 à 5-50, soit la tonne, fr. 5-29 à 5-82.

Anvers-Cologne, le last, fl. 9-00, soit la tonne, fr. 9-53.

Anvers-Coblence, le last, fl. 10-00, soit la tonne, fr. 10-58.

Anvers-Mayence-Worms et Mannheim, le last, fl. 12-00, soit la tonne, fr. 12-70.

Ces prix sont considérés comme satisfaisants; aussi arrive-t-il que des bateliers contractent avec un rabais atteignant jusqu'à 20 p. °/₀.

A la descente, les prix sont généralement diminués de 20 à 40 p. °/₀, selon la saison et la hauteur des eaux.

Lorsque les journées sont longues et que les eaux sont bonnes, les bateliers se contentent d'un fret inférieur à celui payé en hiver, saison pendant laquelle les eaux sont souvent difficiles pour la navigation.

Frais qui frappent la navigation.

EN BELGIQUE.

Frais de bassin à Anvers : Par tonne de jauge de la douane belge, correspondant à 1^{m^3},500 de capacité :

1er et 2e voyage . . . . fr.	0-30	par voyage.
3e voyage.	0-225	»
4e id.	0-15	»
5e id. et suivants . . .	0-075	»

En rade, les bateaux ne paient que fr. 0-06 par tonne.

DANS LES PAYS-BAS.

Le passage des écluses, ainsi que celui du canal du Zuid-Beveland, ne sont frappés d'aucun péage; il est défendu de donner des pourboires aux agents. Les patrons comptent pour faux frais de toute nature de la traversée des eaux néerlandaises et pour mise à quai à l'embarcadère de la douane néerlandaise, à Lobbith, aller et retour, fl. 5-00, soit fr. 10-58.

Les bateliers qui prennent des baliseurs-pilotes sur le Waal comptent de ce chef sur une dépense, à la remonte, de fl. 7-00 et, à la descente, de fl.3-65, total, 10-65, soit fr. 22-54.

Lorsque les eaux sont bonnes, les bateaux peuvent se passer de pilotes, le chenal étant suffisamment bien indiqué par des balises et des bouées.

EN ALLEMAGNE.

A l'aller.

Les frais qui frappent les bateaux, se détaillent comme suit :

Pilote à Spiek (frontière néerlandaise-prussienne) fl.	0-60,	soit fr.	1-27
Id. à Emmerich (douane allemande).	0-90	id.	1-90
Id. et frais de passage au pont de bateaux à Wesel	1-50	id.	3-17
Id. id. Dusseldorf .	1-50	id.	3-17
Id. à Zons, passage difficile.	3-60	id.	7-52
Passage du pont de bateaux à Cologne	0-60	id.	1-27
Pilote de Cologne à Coblence	19-25	id.	40-74
Passage du pont de bateaux à Coblence.	0-60	id.	1-27
Pilote de Coblence à Saint-Goar	8-15	id.	17-25

Pilote de Saint-Goar à Caub et frais de vigie.	. fl.	5-25	soit fr.	11-11
Id. Caub à Bingen		7-00	id.	14-81
Transport de la cincinelle sur la rive et frais de vigie dans la passe de Bingen.		2-25	id.	4-76
Pilote de Bingen à Mayence		7-00	id.	14-81
Passage du pont de bateaux à Mayence.		0-60	id.	1-27
Id. Worms		0-60	id.	1-27
Pilote de Mayence à Mannheim		10-50	id.	22 22
Total.	. fl.	85-55,	soit fr.	181-03

Au retour.

Les frais à payer sont les suivants :

Pilote de Mannheim à Mayence	. fl.	10-50,	soit fr.	22-22
Passage du pont de bateaux à Worms		0-60	id.	1-27
Id. Mayence		0-60	id.	1-27
Pilote de Mayence à Bingen		7-00	id.	14-81
Id. Bingen à Caub		5-25	id.	11-11
Id. Caub à Coblence.		7-00	id.	14-81
Passage du pont de bateaux à Coblence		7-00	id.	14-81
Pilote de Coblence à Cologne.		12-25	id.	25-93
Passage du pont de bateaux à Cologne.		0-60	id.	1-27
Id. et frais de pilote à Dusseldorf		1-50	id.	3-17
Passage du pont de bateaux et de pilote à Wesel .		1-50	id.	3-17
Pilote à Emmerich		0-90	id.	1-90
Id. Spiek.		0-60	id.	1-27
Total.	. fl.	140-85,	soit fr.	298-04

A ces frais il faut en ajouter d'autres, notamment :

a. La nourriture des baliseurs et des pilotes, soit pour un voyage, aller et retour, fl. 10-00, soit fr. 21-16.

b. La nourriture des douaniers convoyeurs d'Emmerich à Mannheim, pour les bateaux qui en prennent, fl. 24-00, soit fr. 50-79.

c. Afin d'assurer au Bingerloch la remonte des bateaux, tant à voile qu'à vapeur, il y est établi une station de chevaux et pour chaque bateau on paie, en raison de sa capacité, un certain nombre de chevaux, utilisés ou non, à raison de fl. 1-20 par cheval.

d. L'indemnité supplémentaire des pilotes.

Les bateaux qui font arrêt pour opérer des chargements ou des déchargements peu importants, à des points intermédiaires entre les stations-limites des cantons des pilotes, doivent indemniser ceux-ci de leur perte de temps.

Si le bateau stationne pendant un temps assez considérable, les pilotes touchent salaire entier pour la première partie du voyage et le batelier paie une nouvelle course pour la seconde partie.

e. Les droits de patente dans les pays traversés, les droits d'assurance, etc.

f. Les frais d'entretien du bateau et les frais d'équipage.

g. Les frais de locomotion pour les bateaux à vapeur ou les frais de remorque, pour les bateaux qui ne portent pas leur moteur.

La remorque est complètement libre; les bateaux non munis de machines et qui ne naviguent pas à la voile, se font traîner par un remorqueur d'Anvers jusqu'à Dordrecht; là ils trouvent presque toujours des remorqueurs appartenant à une des sociétés néerlandaises ou allemandes, qui exploitent le remorquage sur le Rhin.

h. Les frais de touage.

De Ruhrort à Bingen un câble se trouve immergé; on ne s'en sert régulièrement qu'à partir d'Obercassel, en amont de Bonn. Ce service de touage est exploité à l'entière satisfaction du batelage.

Les tarifs du concessionnaire sont approuvés par l'autorité prussienne; la société exploitante peut les réduire d'une manière générale, mais sans faveur personnelle; tout expéditeur doit être desservi dans l'ordre de son inscription.

A titre de renseignement voici les frais de remorque payés en 1880, entre Rotterdam et les ports rhénans:

De Rotterdam.

		LE LAST.		LA TONNE.
A Ruhrort . .	fl.	1-10 à 2-50	fr.	1-17 à 2-65
A Dusseldorf . .		1-75 à 3-10		1-85 à 3-28
A Cologne . . .		2-25 à 3-60		2-38 à 3-81
A Mayence . . .		4 85 à 6-00		5-13 à 6-35
A Mannheim . .		5-50 à 6-00		5-56 à 6-88

i. Les frais d'allège, qui varient selon les circonstances et qu'il est impossible de renseigner à l'avance avec quelque exactitude.

Voici le tarif adopté par la société de remorquage à vapeur de Mayence (*Mainzer-Schlepp-Dampfschiffarhts-Verein*), qui est une des firmes qui font le plus d'expéditions de et vers Anvers :

Sur la partie Cologne-Rotterdam-Anvers.

Lorsque l'échelle de Cologne marque :

5.00 à 4.50	pieds	(1^m,57 — 1^m,41).	fr.	1-00	par tonne
4.50 à 4.00	id.	(1^m,41 — 1^m,25).	.	2-00	id.
4.00 à 3.50	id.	(1^m,25 — 1^m,09).	.	3-00	id.
3.50	id.	(1^m,09 et moins).	.	4-00	id.

Sur la partie Cologne-Mayence-Mannheim.

5.00 à 4.50	pieds	(1^m,57 — 1^m,41).	fr.	1-25	par tonne
4.50 à 4.00	id.	(1^m,41 — 1^m,25).	.	2-50	id.
4.00 à 3.50	id.	(1^m,25 — 1^m,09).	.	3-75	id.
3.50 à 3.00	id.	(1^m,09 — 0^m,94).	.	5-00	id.
3.00	id.	(0^m,94 et moins).	.	6-25	id.

A la descente, ces frais ne sont plus fixés d'une manière invariable; ils dépendent des circonstances dans lesquelles se fait la navigation.

k. Les frais de quai que l'on perçoit à tous les ports rhénans et qui sont variables. Les tarifs, fort longs, ne

se trouvent pas dans le commerce; il a été impossible de les renseigner ici.

CHAPITRE VII

PORT D'ANVERS COMPARÉ AU PORT DE ROTTERDAM ET D'AMSTERDAM, AU POINT DE VUE DE LA NAVIGATION RHÉNANE.

La navigation rhénane aboutit à trois ports maritimes : Amsterdam, Rotterdam et Anvers.

Le port d'Amsterdam est relié aux eaux du Rhin par un canal coupant le Rhin inférieur, à Vreeswijk, et aboutissant au Waal, à Gorcum. Ce canal n'est navigable que pour des bateaux d'un tonnage de beaucoup inférieur à ceux du batelage rhénan. Quant au Rhin inférieur, il ne présente que rarement un mouillage suffisant, de sorte que le Waal est et restera la voie navigable par excellence entre l'Allemagne et les ports néerlandais.

Amsterdam se trouve donc dans de mauvaises conditions pour disputer le trafic à ses deux concurrents. Aussi a-t-on vu au chapitre V que les transports entre cette ville et l'Allemagne, par le Rhin, ne sont guère considérables et d'une manière générale, inférieurs à ceux qui passent par Anvers.

Cette situation changera lorsque le nouveau canal d'Amsterdam à Gorcum sera creusé.

Le port d'Anvers, comparé à celui de Rotterdam, a sur ce dernier, différents avantages.

Le port d'Anvers est toujours accessible aux navires de grand tonnage, tirant 6^m,50 à 6^m,80 d'eau et plus, tandis qu'à celui de Rotterdam l'accès n'est libre, à marée ordinaire, que pour des navires calant 5^m,20 à 5^m,30 et encore ceux-ci mettent-ils quelquefois cinq,

six, sept, voire même dix jours, pour arriver de la mer à Rotterdam.

Cette différence de situation explique que le fret transatlantique sur Anvers est inférieur à celui sur Rotterdam.

De plus, à Anvers, l'outillage pour le chargement et le déchargement des navires est plus perfectionné.

Si l'on veut continuer la comparaison on trouvera, au point de vue de la navigation rhénane, que Rotterdam l'emporte sur Anvers en bien des points.

D'abord d'Anvers à Dordrecht les bateaux ont à faire un trajet de 48 kilomètres sur l'Escaut, à franchir, avec ses deux écluses, le canal de Zuid-Beveland, long de 8 kilomètres ; à traverser les eaux zéelandaises, très souvent houleuses et dangereuses, et à fournir, y compris le Dordsche Kil, le Mallegat et la Vieille Meuse, une course de 80 kilomètres. Ils ont donc à faire un parcours total de 136 kilomètres, lequel, en été, demande un jour et demi et, en hiver, deux jours de navigation, tandis que, de Rotterdam à Dordrecht, les bateaux n'ont à parcourir que $20^{k},5$, par une rivière tranquille, la Nouvelle Meuse, le Noord et le Pelser, d'un tirant d'eau minimum de 3 mètres, à chenal droit, sauf entre Rotterdam et Krimpen, et dont le parcours ne réclame que 2 à 3 heures.

L'installation du port de Rotterdam est, en outre, de beaucoup plus favorable à la navigation intérieure et celle-ci y est beaucoup mieux traitée que cela n'est le cas à Anvers.

Dans ces deux ports les bateaux peuvent rester en rade ou se mettre à quai ; mais, tandis que la moyenne de l'amplitude de la marée atteint à Anvers $4^{m},26$, elle n'est à Rotterdam que de $1^{m},13$ (1), de sorte que les

(1) Cette amplitude a été déterminée d'après les observations faites en 1872, année pour laquelle le Waterstaat a établi la moyenne des marées hautes et des marées basses.

opérations devant les quais, pour les bateaux intérieurs, sont plus faciles dans la dernière ville qu'à Anvers.

Le port de notre métropole commerciale ne date que de ce siècle; presque tous les travaux nouveaux et toutes les installations perfectionnées qu'on y a créées ont eu spécialement pour but d'attirer chez nous les navires de mer. On ne s'est occupé que secondairement de la navigation intérieure, qui, le plus souvent, à été sacrifiée aux chemins de fer.

Dans les Pays-Bas, ceux-ci, tout en étant un facteur considérable du matériel de transport, ne dominent pas les voies navigables au même point qu'en Belgique.

Chez nos voisins, de tout temps, les voies navigables ont été les principales artères du pays ; les canaux s'y sont développés dans les mêmes proportions que le commerce extérieur et intérieur et, dans les ports maritimes on a toujours tenu la balance égale entre les deux navigations.

Les villes de Rotterdam et d'Amsterdam, qui doivent leur prospérité à la navigation, offrent toutes les facilités possibles au batelage.

Partout on trouve des canaux et des bassins où les armateurs peuvent faire leurs chargements ; d'autres, où ils peuvent laisser séjourner leurs bateaux vides ou leurs bateaux allèges, servant de magasin. Les bateaux-magasins sont de la plus grande utilité ; ils peuvent être déplacés facilement d'un bassin à l'autre et, selon les circonstances, venir se placer, soit contre le steamer transatlantique, soit contre le beurt rhénan, pour amener des marchandises au chargement ou les recevoir en dépôt.

En outre, à Rotterdam, la navigation à vapeur intérieure régulière est traitée avec une faveur inconnue aux beurts à Anvers.

Les quais de la rive droite de la Meuse, celui des

Boompjes et l'Oosterkade, en aval et en amont des ponts, leur sont presqu'exclusivement réservés.

Là, chaque entreprise de navigation régulière dispose d'une certaine longueur de quai où elle fait ses dépôts de marchandises en attendant leur enlèvement ou leur chargement; elle a là en permanence ses magasins flottants; à cet embarcadère les steamers transatlantiques aussi bien que les beurts peuvent venir prendre ou faire des dépôts; en un mot, les armateurs disposent presque en maîtres absolus de la partie du quai qui leur est assignée.

Sous le rapport des frais, tout l'avantage reste encore à Rotterdam.

Considérons deux bateaux de 600 tonnes chacun, que nous supposons faire en une année quinze voyages, aller et retour, l'un d'Anvers vers Mannhein, l'autre de Rotterdam à Mannheim (1).

Un bateau de 600 tonnes paiera, pour quinze voyages les droits de bassin suivants :

A Anvers.

(Art. 5 et 3 du règlement communal du 22 juin 1861.)

Pour les deux premiers voyages. . . .	400 × 0.60	=	fr.	240 »
Pour le troisième voyage	400 × 0.225	=	»	90 »
Id. quatrième	400 × 0.15	=	»	60 »
Pour les onze voyages suivants . .	11 × 400 × 0.075	=	»	330 »
	Total. . . .		fr.	720 »

A Rotterdam.

Pour les quinze voyages. 15 × 600 × 0.02 = 180 fl. = fr. 380 95

Donc, rien que sur les frais de bassin, le batelier perdra déjà fr. 339-05; il aura encore à supporter en

(1) Entre Rotterdam et Mannheim on pourra faire annuellement un voyage, aller et retour, de plus qu'entre Anvers et Mannheim; mais afin de faciliter la comparaison, on a admis un même nombre de voyages pour les deux bateaux.

plus quinze fois les frais de remorquage, d'équipage et d'assurance maritime pour le voyage, aller et retour d'Anvers à Dordrecht ; il subira en outre une perte de temps qui, par an, représente au moins un voyage, aller et retour de Rotterdam à Mannheim.

Sous le rapport des frais, la navigation rhénane est donc bien moins coûteuse sur Rotterdam que sur Anvers, et il faut une différence de fret maritime assez sensible en faveur de ce dernier port pour qu'il puisse soutenir la concurrence.

Il arrive que des maisons d'Anvers, commissionnées d'expéditions vers l'Allemagne, font aboutir les bateaux de mer, d'un tirant d'eau pas trop considérable, à Rotterdam plutôt qu'à Anvers; les économies qu'elles réalisent sur les réexpéditions les engagent à agir de la sorte. Ce cas se présente tout particulièrement lorsqu'il s'agit de cargaisons de colophane, de térébenthine ou de pétrole, parce que dans le port néerlandais on est beaucoup moins sévère que dans le nôtre en ce qui concerne les manipulations des matières facilement combustibles.

Il convient d'ajouter qu'à Amsterdam les frais de port ne sont aussi que de 3 cents par mètre cube de capacité et que, sous tous les rapports, la navigation intérieure y jouit des mêmes avantages qu'à Rotterdam.

CHAPITRE VIII

TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER ET PAR EAU ENTRE ANVERS ET LES PORTS RHÉNANS.

Les transports se répartissent entre les chemins de fer et les voies navigables selon des proportions qui varient avec la nature des produits à déplacer et avec

les circonstances dans lesquelles se font les expéditions.

Les matières pondéreuses, telles que charbon, minérais, gueuses, fer, pierres, chaux, ciment, résine, pétrole, grains, etc., prennent les voies navigables; d'autres articles, d'une valeur plus grande par rapport au poids, prennent de préférence le chemin de fer.

Généralement les transports par eau sont les moins coûteux et, par conséquent, conviennent le mieux aux marchandises pondéreuses de faible valeur; quant à celles qui sont plus précieuses, elles peuvent mieux supporter une légère augmentation de prix et elles voyagent de préférence par chemin de fer.

En un mot, les transports par bateau sont les moins coûteux, mais aussi les plus lents et les plus irréguliers, tandis que ceux par wagon reviennent plus chers, mais aussi sont exécutés avec plus de célérité et de régularité; selon que l'un ou l'autre de ces facteurs doit primer, on choisira l'une ou l'autre voie.

C'est ainsi que, d'Anvers les grains sont expédiés vers l'Allemagne tantôt par eau (actuellement), tantôt par chemin de fer. Ce fait s'explique de la manière suivante : lorsque le marché est calme ou lourd, l'acheteur tient à ne recevoir sa marchandise que le plus tard possible et, espérant une reprise avant leur arrivée, il fera venir ses grains par bateau; celui-ci, pendant le voyage, lui servira de magasin. Si, au contraire, le marché est animé et que les prix sont élevés, le destinataire tient à recevoir l'envoi le plus tôt possible, afin de pouvoir profiter de toute hausse nouvelle qui pourrait se produire; il fera prendre à ses marchandises le chemin de fer, même au prix d'une augmentation des frais de transport.

Ce fait peut être constaté, non seulement pour les grains, mais aussi pour les cafés, pétrole, riz, etc.

Quelquefois d'autres circonstances influent sur le choix de la voie de transport.

Le transbordement du steamer au chemin de fer peut être coûteux par suite de l'emplacement du premier et exiger un camionnage, tandis que le transbordement dans les bateaux intérieurs peut se faire à peu de frais; dans ce cas, à moins que l'expédition ne presse, on donnera la préférence au bateau.

Comme ce sont généralement les mêmes marchandises qui voyagent par eau entre les ports rhénans et Anvers, il convient, pour se rendre un compte exact de la situation, de comparer les prix de revient des transports tant par eau que par chemin de fer.

Les chemins de fer transportent les marchandises vers l'Allemagne aux clauses et conditions du fascicule I du recueil officiel des tarifs des chemins de fer de l'Etat belge ; les prix sont ceux du tableau suivant, qui m'a été communiqué par M. l'ingénieur en chef, directeur d'administration Gondry.

Prix de transport (petite vitesse), par t

Distance en kilomètres.	D'ANVERS (Bassins) AUX STATIONS CI-DESSOUS et réciproquement.	Classe générale B	TARIFS SPÉCIAUX			TA			
			I	II	III	1	2	3	4
	1° Tarif local.								
219	Ruhrort.	18.00	13.70	11.00	8.70	18.00	13.70	11.00	8.70
202	Dusseldorf	16.80	12.70	10.30	8.10	16.80	12.70	10.30	8.10
220	Cologne	16.45	13.68	11.20	8.58	15.10	12.28	9.35	8.75
297	Cob'ence	22.20	17.93	14.58	10.95	20.85	16.53	12.73	11.10
358	Bingerbrück . . .	26.70	21.43	17.20	12.83	25.35	20 03	15.35	12.98
398	Mayence.	30.16	23.87	18.88	12.50	28.87	22.58	17.33	12.50
465	Mannheim	33.75	26.63	21.38	14.38	32.00	24.88	19.38	14.38
	2° Tarif de transit.								
219	Ruhrort.	15.85	13.55	11.00	8.70	15.85	13.55	11.00	8.70
202	Dusseldorf	14.65	12.55	10.30	8.10	14.65	12.55	10.30	8.10
220	Cologne	13.65	12 03	10.90	8.58	13.65	12.03	9.35	8.75
297	Coblence	19.40	16.28	14.28	10.95	19.40	16.28	12.73	11.10
358	Bingerbrück . . .	23.90	19.78	16.90	12.83	23.90	19.78	15.35	12.98
398	Mayence.	26.86	21.86	18.61	12.50	26.86	21.86	17.33	12.50
465	Mannheim	31.74	25.62	21.38	14.38	31.74	24.88	19.38	14.38

Les prix relatifs aux charbons n'étant pas renseignés, il a été impossible de les comprendre dans la comparaison.

Transport de minerai de fer d'Anvers à Ruhrort, avec retour de rails (on suppose que par chemin de fer il ne soit fait application que des tarifs de transit).

Soit le fret d'Anvers à Ruhrort, 5 florins le last (actuellement le batelage se contente même de 4 florins), la tonne de minerai reviendra au port de Ruhrort à fr. 5-29; elle aura à supporter en outre les frais de transport par axe à l'usine; la tonne de rails en retour devra payer les frais de transport à quai par axe, pour

ammes, en francs et centimes.

TIONNELS					OBSERVATIONS.
6^b	7^a	7^b	8	9	
9.60	7.80	7.80	6.90	13.70	Les taxes du trafic du transit s'appliquent exclusivement aux marchandises importées ou exportées par navire de mer à Anvers. Les prix des tarifs spéciaux et exceptionnels s'appliquent aux marchandises dénommées à la classification et transportées par wagons complets de dix mille kilog. au moins ou payant pour ce poids. Les marchandises non dénommées dans cette classification tombent sous l'application des prix de la classe B, lorsqu'elles sont expédiées par wagons complets de 10.000 kilog. au moins ou payant pour ce poids. Pour le trafic avec Mannheim et Mayence il n'existe pas de tarifs exceptionnels 5 à 9. Pour les marchandises qui sont rangées dans ces tarifs exceptionnels à la classification, il y a lieu, pour le trafic avec ces deux gares, d'appliquer les prix : 1° Du tarif spécial I, au lieu du tarif exception. I; 2° id. II, id. 6^b; 3° id. III, id. 7^b et 8; 4° id. 3, id. 5; 5° id. 4, id. 6^a. Les délais de transport sont : Délai d'expédition . . . . 2 jours. Id. de transport, par fraction indivisible de 225 kil. de parcours . . . . . 2 jours. Un jour par point d'échange sur les lignes Belges.
9.00	7.30	7.30	—	12.70	
9.80	7.81	7.81	—	13.08	
12.68	10.06	10.06	—	17 83	
14.93	11.81	11.81	—	21.33	
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	
9.60	7.80	7.80	6.90	13.55	
9.00	7.30	7.30	—	12.55	
9.80	7.81	7.81	—	11.53	
12.68	10.06	10.06	—	16.28	
14.93	11.81	11.81	—	19.78	
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	

quelques usines par wagon ; le fret en retour, à raison de 4 florins le last, sera de fr. 4-23 par tonne.

Le transport par eau, aller et retour, coûtera donc 5-29 + 4-23 = fr. 9-52, plus les frais de transport par axe.

Par chemin de fer, les prix s'établissent d'après les tarifs exceptionnels ; on paiera la tonne de minerai (tarif 8), fr. 6-90 et la tonne de rails (tarif 3), 11 francs; en tout fr. 17-90 (1).

(1) Presque tous les établissements étant raccordés au railway, les frais de transport de la gare à l'usine seront minimes et peuvent être négligés dans ces calculs.

La durée du voyage par eau sera, à l'aller, en été, 5 jours, en hiver, 7 jours; au retour, 4 jours en été et 5 jours en hiver; par chemin de fer le voyage, tant à l'aller qu'au retour, durera 4 jours (art. 11 du tarif).

Le transport par bateau est donc plus économique pour les usines qui n'ont pas à supporter les frais d'un transport trop long par axe; aussi préfère-t-on, dans ce cas, les expéditions par bateau.

Transports d'Anvers à Cologne, de farines, avec retour de quartz.

Le fret à l'aller sera de fr. 9-52, au retour de fr. 7-62; en tout, fr. 17-15.

Par chemin de fer on paiera, à l'aller (tarif 9), fr. 11-53, au retour (tarif 7^b), fr. 7-81; en tout, fr. 19-34.

Le voyage par eau, à l'aller, durera 6 jours en été et 8 1/2 en hiver; au retour, 4 1/2 jours en été et 6 en hiver.

Par chemin de fer, tant à l'aller qu'au retour, 4 jours.

Les transports par eau sont encore les plus économiques, mais la différence en leur faveur est faible, comparativement aux autres ports.

La ville de Cologne paie pour ses transports par chemin de fer, de et vers Anvers, des prix tellement bas que le batelage ne peut soutenir la concurrence, que lorsqu'il s'agit de grandes quantités, formant des chargements entiers. Encore faut-il, pour que les négociants aient recours au bateau, que les articles à transporter ne soient pas en hausse sur le marché de Cologne.

Transport d'Anvers à Coblence d'un chargement de jutes et retour avec du trass.

Le fret à l'aller sera de fr. 10-58, au retour de fr. 8-52; total, fr. 19-10. Par chemin de fer, à l'aller, (tarif I), fr. 16-28, au retour (tarif 7a), fr. 10-06; total, fr. 26-34.

La différence de prix est assez considérable en faveur de la voie navigable.

La durée du voyage par eau sera, à l'aller, 8 jours en été, 10 1/2 jours en hiver; au retour, 5 jours en été et 7 en hiver; en chemin de fer, 6 jours à l'aller et au retour.

Transport d'Anvers à Mannheim de pétrole, et retour avec fûts vides.

Par eau, le fret sera, à l'aller, de fr. 12-70; au retour, de fr. 10-16; total, fr. 22-86.

Par chemin de fer, à l'aller (tarif I), fr. 25-62; au retour (tarif 4), fr. 14-38; total, 40 francs.

La différence, de plus en plus considérable, est favorable aux transports par bateau.

La durée des voyages par eau sera, à l'aller, de 10 jours en été, et de 13 jours en hiver; au retour, de 6 jours, en été, et de 8 jours en hiver; tandis qu'en chemin de fer elle ne sera que de 6 jours, tant à l'aller qu'au retour.

Pour Mayence une différence dans le même sens serait constatée, mais elle ne serait pas aussi forte.

Ainsi, entre Anvers et Cologne, les transports par eau ne sont pas de beaucoup meilleur marché que ceux par chemin de fer et, par cette dernière voie, ils se font plus rapidement.

Cette faible infériorité de prix et la plus grande durée du voyage sont causes que nos transports par

eau vers Cologne ne sont pas ce qu'ils devraient être, en comparaison de ceux qui se font vers les autres ports du Rhin. Pour ceux-ci, les transports par bateau l'emportent, au point de vue du bas prix, d'autant plus que ces ports se trouvent à une distance plus considérable de Cologne. Cette différence continuera à subsister à l'avenir ; elle s'accentuera encore davantage au profit du bateau lorsque la navigation deviendra facile, en tout temps, à des bateaux de grand tonnage.

CHAPITRE IX

LES CHEMINS DE FER ET LA NAVIGATION SUR LE WAAL ET SUR LE RHIN AMÉLIORÉS, DANS L'AVENIR.

On peut se demander quel sera l'avenir de la navigation sur le Waal et sur le Rhin.

Comme il a été dit au chapitre III, l'administration, tant dans les Pays-Bas qu'en Allemagne, ne néglige rien pour améliorer les conditions de navigabilité de ces sections du fleuve et, dès aujourd'hui, on peut prédire que dans une dizaine d'années la situation sera devenue excellente,

Le Waterstaat compte atteindre même plus tôt le but qu'il a en vue. Or, au fur et à mesure que la navigabilité de la rivière s'améliorera, le matériel de transport se perfectionnera, prendra des dimensions plus considérables et les frais généraux d'exploitation diminueront et, avec eux, le fret.

Quiconque a vu le mouvement sur le Rhin et a pu apprécier l'importance de la navigation, doit être convaincu du rôle considérable que celle-ci joue actuellement dans les transports allemands et de celui qu'elle jouera plus tard, lorsque les circonstances lui seront devenues plus favorables.

Les chemins de fer sont arrivés, à peu près, à leur perfection ; toutes les améliorations qu'on pourra encore introduire dans leur service, porteront sur le matériel roulant et fixe, ainsi que sur l'Administration, mais elles ne pourront avoir pour résultat une diminution sensible des tarifs.

Une réduction deviendrait possible sur l'une ou l'autre ligne principale, que l'Etat ou la société concessionnaire serait empêché de l'opérer. Les bénéfices que produiront les artères à fort trafic devront servir à combler les déficits éventuels de lignes dont la construction est réclamée tous les jours par des populations qui ne peuvent fournir à ces voies des transports nécessaires pour leur assurer une existence indépendante.

Le chemin de fer, d'après un principe généralement admis, doit couvrir lui-même les dépenses d'exploitation aussi bien que celles occasionnées par sa construction ; ce sont ceux qui se servent du chemin de fer, qui en paient l'usure, ainsi que l'amortissement du capital d'établissement.

Sur les voies navigables, telles que le Waal et le Rhin, que ne frappe aucun péage, les conditions dans lesquelles se font les transports sont tout autres.

Le fleuve, qui représente le matériel fixe du chemin de fer, est entretenu et amélioré aux frais de tous les contribuables et les entrepreneurs de transport par eau n'ont qu'à couvrir les frais du matériel et du personnel, plus ceux d'administration. Or, au fur et à mesure que les voies navigables s'améliorent, ces frais diminuent par unité de transport ; d'abord, la capacité des bateaux augmente sans exiger une augmentation correspondante d'équipage et de dépenses générales ; ensuite, les frais d'allège diminuent et la sécurité devient plus grande ; enfin, la navigation de nuit, ces-

sant d'être dangereuse, se développe et permet de réduire encore le fret.

En résumé, si les chemins de fer ont approché de leur maximum de rendement utile, il n'en est pas de même de la navigation, laquelle est sujette à de grands développements, dépendant surtout de l'état de navigabilité dans lequel se trouvent les canaux et rivières.

Nos voisins des Pays-Bas sont convaincus de cette vérité ; la preuve se trouve dans les sacrifices qu'ils font dans le but de développer la navigation chez eux. Non seulement ils vont construire un canal coûteux d'Amsterdam au Waal, à Gorcum, dont il sera question au chapitre X, mais encore leur gouvernement, après avoir dépensé des sommes considérables pour améliorer la nouvelle Meuse de Rotterdam à la mer (16 millions de florins), sollicite en ce moment de la législature un crédit de 30 millions de florins, afin de pouvoir exécuter tous les travaux jugés nécessaires pour augmenter le tirant d'eau de cette voie navigable et rendre le port de Rotterdam, comme celui d'Anvers, abordable en tout temps, à des navires calant $6^m,50$.

Ces travaux comprennent des dragages, la construction de digues longitudinales, la fermeture du Botlek et de l'Oude Maas, en aval de Vlaardingen, et le prolongement des jetées à la mer au Hoek van Holland, à l'embouchure de la rivière.

CHAPITRE X

CANAL D'AMSTERDAM AU WAAL, A GORCUM.

Dans les Pays-Bas, l'Etat, tout en s'imposant des sacrifices considérables pour la construction de chemins de fer excessivement coûteux, ne perd pas de vue

un instant la navigation et tout ce qui peut l'intéresser. Il vient de décider la reprise du canal d'Amsterdam à la mer du Nord ; par cette reprise il contribuera puissamment à la prospérité commerciale de cette ville ; toutefois, celle-ci n'est pas encore satisfaite.

Prévoyant le développement que prendront les transports sur le Waal vers l'Allemagne, elle veut qu'on mette son port à même de prendre sa part dans le mouvement, et elle a amené l'Etat à décréter la construction d'un canal d'Amsterdam au Waal, à Gorcum.

Le premier projet adopté devait passer par Naarden, Amersfoort, Grebbe et Dodewaart ; il a été abandonné pour celui d'Amsterdam-Gorcum. Le projet consiste dans l'élargissement, l'approfondissement et le redressement du canal dit : « Keulsche Vaart » (canal de Cologne). Il faudra exproprier beaucoup de propriétés bâties, fabriques, villas, etc., existant le long du canal, et on peut prédire que, par suite des exigences des propriétaires, la dépense réelle dépassera celle prévue et que le crédit voté de 15 millions de florins sera insuffisant.

Quelles que soient ces prévisions, l'Etat néerlandais ne recule pas ; il veut assurer à sa capitale une bonne voie navigable vers l'Allemagne et lui donner ce qu'elle demande en ces termes :

« Le couronnement du canal d'Ymuiden. »

Voici quelques détails sur le canal :

Il aura $74^{k},3$ de longueur, dont 37 kil. de canal nouveau ou en coupures ; les $37^{k},3$ restants seront pris sur le canal actuel. Les dimensions transversales sont les suivantes :

Largeur au plafond	20m,00
Augmentant à l'approche des écluses jusqu'à.	30m,00
Mouillage	3m,10
Talus	2 sur 1

Le canal comprend quatre biefs ; les chutes sont les suivantes :

Amsterdam . .	0m,15	
Nichtevecht . .	0m,15	
Utrecht. . . .	0m,80,	passage du vieux Rhin.
Vreeswijk . . .	1m,72	passage du Lek.
Vianen	1m,36	
Gorcum. . . .	0m,51,	entrée dans le Waal.

Les écluses seront à double sas à Amsterdam et à Nichtevecht ; le grand sas aura 100 mètres de longueur et 10m,00 d'ouverture, et le petit sas 50m,00 de longueur et 5m,50 d'ouverture ; celui-ci est spécialement destiné à la navigation à vapeur, faisant le service local accéléré.

Les ponts seront fixes et présenteront 6m,50 de hauteur libre entre la flottaison et le dessous des longerons. Dans le projet primitif deux ponts mobiles pour chemin de fer étaient prévus, l'un à Amsterdam, et l'autre à Utrecht.

Afin d'éviter toute entrave à la navigation, on a décidé de ne construire, si possible, que des ponts fixes.

On compte, à moins que de trop grandes difficultés ne soient provoquées par les expropriations, avoir fini les travaux dans cinq ans.

Il reste à ajouter que, d'après les instructions pour l'élaboration du projet définitif, le tracé doit être fait et les ouvrages d'art conçus en prévision d'un agrandissement futur et facile de la section transversale ; en

outre, la navigation ne devra éprouver que les entraves absolument inévitables et la remorque des convois de bateaux devra pouvoir se faire librement.

On le voit, il s'agit non seulement de fournir à Amsterdam, à bref délai, et à un prix élevé, une voie navigable qui lui assure une partie du trafic rhénan; mais on prend, dès aujourd'hui, les dispositions pour pouvoir, à l'avenir, améliorer cette voie, si le besoin s'en fait sentir.

C'est là la meilleure preuve que nos voisins escomptent un accroissement considérable de la navigation vers l'Allemagne (1).

CHAPITRE XI

DÉVELOPPEMENT DE LA NAVIGATION ENTRE ANVERS ET L'ALLEMAGNE.

La question des relations par eau entre Anvers et l'Allemagne a, de tout temps, attiré l'attention de nos gouvernements, leur développement devant contribuer largement à la prospérité de notre métropole commerciale.

Malheureusement l'action du gouvernement belge se trouve fort limitée par les circonstances mêmes dans lesquelles se fait cette navigation.

Les eaux que doivent fréquenter les bateaux faisant le trafic entre Anvers et l'Allemagne, traversent, sauf la plus grande partie de l'Escaut occidental, des pays étrangers.

(1) En même temps que le canal d'Amsterdam au Waal il aurait convenu de décrire sommairement d'autres canaux, à l'état de projet, appelés à exercer une grande influence sur la navigation rhénane, ce sont :

Le canal Rhin-Wezer-Elbe, le canal du Rhin à la Meuse, d'Uerdingen à Venlo, et le prolongement du canal du Nord, jusqu'à la Meuse, à Venlo. Ces différentes voies navigables ne devant pas être construites dans un délai rapproché, il suffit d'en faire mention ici.

L'Escaut jusqu'à Hansweert se trouve dans un état de navigabilité plus que satisfaisant.

Il en est de même du canal de Hansweert à Wemeldingen. De Wemeldingen à Moerdijk, à travers les eaux maritimes de la Zéelande, les bancs de sable, en rendant le chenal très tortueux, sont, par de gros temps, des dangers permanents pour les bateaux; mais il n'y a aucun remède à cette situation.

Au Dordsche Kil, aux Merwede, au Waal et au Rhin supérieur, le gouvernement néerlandais fait exécuter tous les travaux d'amélioration qui sont jugés nécessaires.

De même, le gouvernement prussien pousse avec activité les travaux de régularisation du fleuve et l'enlèvement des récifs.

Les autres gouvernements allemands hâtent, dans les limites du possible, les travaux en lit de rivière, afin d'assurer dans le Rheingau un tirant d'eau supérieur de $0^m,50$ à celui qu'on trouve dans la passe de Bingen.

Si l'on ajoute que la navigation est libre, c'est-à-dire que nulle part elle n'est frappée de péages, mais seulement de taxes locales, telles que de pilote, de vigie, de quai ou de port, on aura dit que les gouvernements des pays traversés par la navigation rhénane font, dans l'intérêt de celle-ci, tout ce qu'on peut réclamer d'eux.

Au chapitre VII on a comparé, au point de vue de la navigation rhénane, la disposition du port d'Anvers à celle du port de Rotterdam et on a vu que ce dernier était supérieur au premier.

On doit se demander quelles sont les mesures à prendre pour favoriser le développement de la navigation d'Anvers au Rhin. Une seule est à recommander: elle serait de faciliter l'accès du port de notre métropole aux beurts rhénans en leur accordant les mêmes faveurs que ceux dont ils jouissent à Rotterdam.

Le moyen d'attirer à Anvers les bateaux du Rhin, d'une manière durable et en nombre de plus en plus grand, serait de leur assigner, à l'exclusion des autres bateaux, un bassin ou une partie de bassin avec murs de quai, grues de chargement, etc., dont l'accès serait également facile aux steamers transatlantiques et aux beurts rhénans. De plus, il devrait être permis d'y laisser circuler et séjourner une certaine quantité de pétrole, produit qui est expédié beaucoup par bateau vers le Rhin.

Chaque entreprise régulière devrait, en outre, pouvoir disposer d'une surface de quai où elle pourrait déposer les marchandises en attendant leur enlèvement ou leur chargement.

Ce bassin ne devrait pas être trop éloigné de la ville, afin de ne pas exposer éventuellement les expéditeurs à des frais de camionnage par trop considérables.

Enfin, les droits de bassin qui frappent les beurts devraient être diminués. Comme il serait difficile d'appliquer une réduction de taxe à une catégorie spéciale de bateaux, il faudrait abaisser le taux pour tous les bateaux intérieurs, ce qui imposerait à la ville d'Anvers le sacrifice de ressources auxquelles, sans doute, elle n'est pas disposée à renoncer. Mais il importe, dans son propre intérêt, qu'elle ne fasse pas la sourde oreille aux reproches que formule le commerce allemand.

En Allemagne on prétend que non seulement les beurts rhénans paient plus cher et sont moins bien traités chez nous qu'à Rotterdam, mais encore que toutes les opérations commerciales sont plus onéreuses dans notre port que dans les ports néerlandais. Il faudrait faire cesser ces plaintes, en satisfaisant, dans la limite du possible, aux réclamations des négociants rhénans, si on veut en faire des clients sérieux de notre métropole.

Quant au bassin spécial, ou la partie de bassin à assigner à la navigation rhénane, il devrait se trouver au nord de la ville ; les bassins du sud, à cause de leur éloignement, ne satisferaient pas les expéditeurs.

Il y aurait une bonne solution, ce serait le creusement d'un bassin nouveau avec la destination spéciale dont il s'agit.

Actuellement il n'est peut-être pas question d'agrandir les bassins d'Anvers, mais on devra y songer dans un avenir plus ou moins rapproché ; ce moment n'est peut-être pas aussi éloigné que l'on pense. En tout cas, s'il se fait attendre, ce ne sera guère que jusqu'après le percement de l'isthme de Panama, époque que les ingénieurs néerlandais et les armateurs d'Amsterdam considèrent comme devant coïncider avec un accroissement considérable de la navigation transatlantique et, par conséquent, aussi de la navigation intérieure.

Les améliorations demandées incombent à la ville d'Anvers, mais il appartient à l'Etat d'examiner s'il ne doit pas intervenir dans les frais.

CHAPITRE XII

LES GRANDES RIVIÈRES DANS LES PAYS-BAS. — WAAL. SONDAGES. — LEVERS. — NIVELLEMENTS. — JAUGEAGES. — BALISAGE.

Les Pays-Bas sont traversés par un grand nombre de rivières importantes, à faible pente, à fond sablonneux et mobile ; l'administration du Waterstaat doit non seulement prévenir les calamités que peuvent amener avec elles les hautes eaux, mais encore assurer la navigabilité de ces rivières, tout en évitant de construire dans leur lit des ouvrages qui, en certains moments, pourraient devenir dangereux.

La navigation d'Anvers au Rhin passant par la rivière la plus importante et qui réclame le plus de soins de toutes, le Waal, il ne sera pas inutile de dire ici un mot sur l'organisation du service des rivières dans les Pays-Bas et du Waal en particulier.

Le Waal et le Boven-Rijn, d'une longueur totale de 94 kilomètres, sont confiés à un ingénieur, en résidence à Nimègue.

Cinq conducteurs lui sont adjoints; ces conducteurs, préposés à des districts de faible longueur, doivent surtout se rendre compte de tout ensablement ou déplacement du chenal navigable ; à cet effet, ils lèvent régulièrement, deux fois par an, en grand nombre, des profils en travers de la rivière, suivant des sections marquées sur le terrain par des bornes en pierre. De plus, des sondages extraordinaires sont faits, après chaque crue, aux endroits où les mouvements de fond ont été constatés par les baliseurs.

Ces profils, rapportés, permettent de constater les changements qui sont survenus au lit de la rivière et mettent l'ingénieur à même d'étudier les travaux à exécuter; ces travaux consistent en revêtements, épis, digues longitudinales, dragages.

Des ingénieurs, adjoints à l'ingénieur d'arrondissement, sont occupés constamment à lever les plans de la rivière et à reporter sur des cartes existantes les changements survenus au lit; ces cartes, corrigées, sont imprimées à un grand nombre d'exemplaires et remises à l'ingénieur. Celui-ci et les conducteurs qui lui sont adjoints, s'en servent pour l'instruction des affaires qui leur sont soumises. Ces cartes leur facilitent le service et économisent du temps.

D'autres ingénieurs vérifient, de temps en temps, les échelles d'étiage ainsi que les nombreux repères en pierre de taille avec cotes, qui se trouvent maçonnés dans les constructions situées le long de la rivière.

Au moyen des cotes lues aux échelles ou des indications fournies par les échelles autographes, on établit, par période décennale, la moyenne des cotes d'eau pendant les six mois d'été et les six mois d'hiver, aux différentes stations d'observation ; de cette manière on parvient à mettre en évidence les modifications subies par le régime de la rivière et les résultats dus aux travaux exécutés.

Enfin, un ingénieur spécial, adjoint également à l'ingénieur d'arrondissement, est chargé des jaugeages du Rhin supérieur et de ses divers embranchements ; il établit les débits des différentes branches du Rhin, à toutes les hauteurs, ce qui permet de constater la répartition du débit total entre les divers bras. La connaissance des débits est nécessaire pour déterminer, d'une manière rationnelle, lors d'exécution de travaux, la section à adopter pour la rivière (1).

Mais, au point de vue de la navigation, ce qui mérite surtout d'être signalé, c'est le balisage du fleuve. Comme il en a été question à différentes reprises dans ce travail et que, sous ce rapport, grand nombre de rivières belges laissent à désirer, il peut être utile de faire connaître les principes adoptés par l'administration néerlandaise.

Le balisage sur les rivières est organisé par la loi du 30 décembre 1865, complétée par celle du 22 décembre 1867.

Les instructions que suivent les baliseurs, payés par l'Etat, qui les nomme, et par les bateliers, lorsque ceux-ci les emploient comme pilotes, m'ont été expliquées par M. Schnebbelie, ingénieur du Waterstaat,

(1) Les ingénieurs néerlandais doivent, dans la rédaction des projets de travaux à exécuter au Rhin et à ses embranchements, viser à obtenir la répartition suivante du débit. Rhin supérieur (débit total), 9 parties, Waal, 6 parties, Yssel gueldrien, 1 partie, Rhin inférieur, 2 parties.

au service de la Meuse, à Bois-le-Duc, d'abord sur les lieux, entre Crève-Cœur et Woudrichem, et ensuite dans une note qu'il m'a fournie. Les instructions à observer sont les mêmes pour toutes les rivières. En voici-le résumé :

Le chenal, où la navigation peut se faire avec le tirant d'eau réglementaire, est indiqué au moyen de balises et de bouées. Une balise comprend un jalon de 3 à 6 mètres de longueur, surmonté d'un panier sphérique en osier, peint aux couleurs nationales. Les balises sont placées sur les rives ou sur les ouvrages en lit de rivière.

Les bouées ou tonnes sont blanches, noires ou rouges, les bouées *blanches* ou *méridionales* (1), doivent être laissées à tribord (droite) par un bateau en descente ; les bouées *noires* ou *septentrionales* à babord (gauche).

Les bouées *rouges* sont placées à la rencontre de deux chenaux de navigation ; elles doivent être contournées par l'aval.

Les tonnes *noires et blanches*, éclairées pendant la nuit, annoncent la présence d'un obstacle à éviter.

Un chenal *large, occupant le milieu de la rivière*, n'est pas balisé.

Un chenal *large et parallèle seulement à une des rives* est marqué par deux grandes balises, placées sur la rive que suit le chenal.

Un chenal *étroit, non parallèle à une des rives et n'occupant pas le milieu de la rivière*, est indiqué par une grande et une petite balise ; le bateau doit se mouvoir de manière que le pilote voit toujours la petite balise se projeter sur la grande.

Un chenal *étroit, parallèle à une des rives mais n'occu-*

(1) Les termes *méridionales* et *septentrionales* sont empruntés à la marine.

pant pas le milieu de la rivière, est marqué par de longues balises sur les rives et par des bouées qui en limitent la largeur.

Un chenal *étroit*, *occupant le milieu de la rivière*, est tracé sur l'eau par des bouées.

Les baliseurs doivent s'assurer journellement de la position des bouées et des balises et les déplacer s'il y a lieu (1).

En temps de hautes eaux on rentre les bouées et les balises. Alors on indique les épis et autres ouvrages sous eaux par des *balises temporaires, septentrionales et méridionales ;* les balises *septentrionales* sont des perches ou branches, dépouillées de leur feuillage, garnies au sommet de torchons de paille ou de joncs secs ; elles sont placées sur les ouvrages de la rive droite ; les balises *méridionales* de la rive gauche, sont des perches ou branches munies de leurs feuilles vertes ou d'un torchon d'herbe verte.

L'État, tout en apportant tous les soins possibles au balisage des rivières, n'accepte aucune responsabilité de ce chef.

CHAPITRE XIII

ADMINISTRATION DU RHIN ALLEMAND, SPÉCIALEMENT DU RHIN PRUSSIEN. — GRUNDSCHWELLEN.

Le Rhin allemand, d'Emmerich à Mannheim, est régi par quatre administrations différentes : prussienne, hessoise, badoise et bavaroise.

La partie du fleuve administrée par la Prusse étant de beaucoup la plus importante et celle sur laquelle

(1) Les ingénieurs que la chose intéresse, trouveront au Département cinq cartes du service des digues de la Meuse, sur lesquelles est figuré le balisage entre Heusden et Woudrichem, ainsi que les indications à suivre par les timoniers sur cette partie de rivière.

on rencontre le plus de difficultés, sous tous les rapports, il ne sera question ici que du Rhin prussien.

L'administration se partage en deux : la partie technique, confiée à un ingénieur en chef, directeur, ayant sous ses ordres des ingénieurs d'arrondissement, portant le titre d'inspecteurs, et la partie administrative, confiée à un ingénieur en chef, inspecteur de la navigation.

Les ingénieurs d'arrondissement sont subordonnés à ce dernier, en ce qui concerne le service de la navigation.

Les ingénieurs en chef ont leur résidence à Coblence.

Jusque dans ces dernières années, tous les travaux exécutés au Rhin prussien ont été conçus sans esprit d'ensemble. Ils comprennent des revêtements de talus, la construction d'épis, de digues longitudinales et de parties du chemin de halage, le barrage de faux bras et des dragages. La rivière n'ayant été ni levée, ni étudiée, d'une manière complète, on n'a pu se baser, lors de la rédaction des projets, sur des principes établis rationnellement. M. l'ingénieur en chef directeur Bering, actuellement chargé du service du Rhin, a organisé le lever et le nivellement de la rivière ; les opérations ont été commencées à Bingen, c'est-à-dire sur la partie présentant le plus de difficultés. Les cartes, à une échelle assez forte, sont terminées et livrées à l'impression pour les premiers 19 kilomètres. Une brigade de huit ingénieurs-géomètres, sous les ordres d'un ingénieur du service de la rivière, est chargée de poursuivre ce travail. Celui-ci avancera assez rapidement dès qu'on sera sorti de la partie accidentée de la vallée.

Plus tard on procédera aux jaugeages de la rivière dont les résultats permettront de déterminer, dans chaque cas, la section qu'il faudra donner au lit pour

qu'il puisse évacuer son débit aux différentes hauteurs. Muni de ces données, on pourra, à l'avenir, projeter en connaissance de cause, des travaux en lit de rivière et modifier, s'il y a lieu, ceux qui auraient été mal conçus.

Des travaux analogues à ceux énumérés ci-dessus ont été exécutés en Belgique, et particulièrement sur la Meuse limbourgeoise; ils ne seront donc pas décrits. Ce qu'il importe de faire connaître c'est un genre d'ouvrages qui est inconnnu dans notre pays, savoir : les Grundschwellen. La traduction littérale de ce mot est « seuils de fond », mais l'expression : « épis de fond », me semble mieux désigner la chose.

Ces ouvrages ont donné de bons résultats ; il devait en être ainsi, vu qu'ils sont basés sur des principes d'une rigueur incontestable.

Voici les circonstances dans lesquelles on a, d'une manière générale, recours aux Grundschwellen.

Toute rivière, en plan, présente des courbes et des contre-courbes ; en profil, des mouilles ou trémates et des rapides ou râcles ; les mouilles tombent dans les courbes et les rapides dans les parties qui séparent les courbes successives.

Lorsque le chenal, dans ses parties courbes, est très étroit et très profond, les bateaux s'y meuvent difficilement ; de plus, il s'y produit des courants dans tous les sens qui, à leur tour, gênent la navigation et attaquent la rive concave ; ces courants deviennent très violents et très dangereux lorsque la rivière charrie des glaçons.

Dans des cas pareils, les ingénieurs allemands redressent la rive concave au moyen d'épis qu'ils ne font avancer que progressivement vers la rive convexe ; en même temps ils exhaussent le fond en y coulant de distance en distance, des moellons formant épis de 3 mètres de largeur en crête, ayant vers l'amont un

talus de 4/4 et vers l'aval un talus de 4/1 ; la hauteur qu'on adopte est variable : elle dépend de la rapidité avec laquele on veut faire améliorer la situation.

Dans les circonstances ordinaires on commence par un épi de fond de un mètre de hauteur; pour l'exhausser on attend que la partie du lit comprise entre les épis de fond se soit comblée, par les matières charriées par l'eau ; on construit alors un nouvel épi sur le nouveau plafond et lorsque les intervalles sont de nouveau comblés, on recommence ; on continue de la sorte jusqu'à ce que le lit ait atteint la hauteur normale qu'on lui a assignée.

Au fur et à mesure que l'on rétrécit la rivière, latéralement par les épis et verticalement par des épis de fond, on lui rend la section voulue par des dragages sur la rive convexe ; les produits des dragages sont transportés sur la rive concave, entre les épis latéraux.

Par des travaux de l'espèce on a obtenu d'excellents résultats ; non seulement le courant a été régularisé en des endroits où la navigation était très difficile, mais encore, par suite du relèvement de la nappe d'eau dans les mouilles, on a obtenu une diminution de pente de superficie dans les rapides.

Il importe de faire remarquer que dans tous leurs projets de travaux à exécuter au Rhin, les ingénieurs allemands considèrent la régularisation de la pente de superficie comme étant un des principaux buts à atteindre.

Maeseyck, le 19 décembre 1881 (1).

(1) Diverses circonstances ont retardé la publication de ce rapport.

(N. D. L. C.).

NOTICE

SUR LES

INSTALLATIONS DU PORT DE RUHRORT

PAR

MM. BERGER,

ADMINISTRATEUR INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES;

DE MATTHYS,

INGÉNIEUR EN CHEF DIRECTEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES;

DUFOURNY,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

RUHRORT

Ruhrort est une commune de 8 à 9,000 habitants, (1) située au confluent de la Ruhr et du Rhin, à 91 kilomètres à l'aval de Cologne. Elle touche à Duisburg, dont la population est de 36,000 habitants (1).

Les centres des deux communes ne sont séparés que par une distance de 2 kilomètres qu'on parcourt en tramway.

Les ports sont contigus et leur importance est considérable. Le mouvement total de la navigation atteint 3 millions et demi de tonnes et, tant à l'entrée qu'à la sortie, le nombre des bateaux s'y est élevé, en 1883, au chiffre énorme de 41,185 (2).

(1) Livre d'adresses et de statistique, édition de 1885.

(2) Voir page 4 : *Die deutschen Wasserstrassen*, 2 mai 1885.

Ruhrort et Duisburg ont aujourd'hui la moitié du mouvement de tous les ports du Rhin réunis, et Ruhrort possède, à lui seul, un trafic double de celui de Mannheim, réputé un des principaux ports de batelage de l'Europe. C'est la houille et le fer qui ont fait de ces ports ce qu'ils sont. Ils existaient à peine il y a 50 ans.

Ils se sont développés en quelques années à mesure de l'extension rapide donnée aux exploitations du bassin de la Ruhr.

Aujourd'hui, c'est le bassin charbonnier et industriel le plus productif de l'Allemagne, équivalant, à lui seul, comme importance, à tous les autres bassins réunis.

On y extrait annuellement 30 millions de tonnes de charbon, une fois et demie environ la quantité que peuvent donner ensemble les trois bassins belges.

En 1860, le bassin de la Ruhr ne fournissait que 4,276,200 tonnes (1) de houille. Sa production en combustible a donc subi un accroissement de plus de 500 p. °/₀ en vingt-cinq années, et il en a été à peu près de même de sa production métallurgique.

Il est situé à cheval sur la Prusse rhénane et la Westphalie, et ses gisements sont évalués à 45 milliards (2) de tonnes.

La profondeur à laquelle on extrait la houille est d'ailleurs très faible, puisqu'elle est en moyenne de 2 à 300 mètres.

C'est à l'embouchure de la Ruhr qu'affluent les houilles de la Westphalie ; elles descendent en majeure partie le Rhin pour être consommées en Hollande et en Belgique, ou pour être expédiées par mer ; elles

(1) Voir page 3, *Erläuterungen zu der Karte über die Produktion, etc., in Preussen*, 1881.

(2) Voir page 122. *Mémoires et comptes-rendus des Ingénieurs civils*, 1884.

remontent aussi, mais en moindre quantité, le fleuve pour alimenter en partie Cologne, Coblence, Francfort et même Mannheim.

Les Pays-Bas ont reçu, en 1881, 2,481,000 tonnes de houille, dont 1,545,000 tonnes par le Rhin, et la Belgique elle-même a importé 606,922 tonnes de charbon venant de la Ruhr.

Les ports de Ruhrort et de Duisburg sont donc essentiellement des ports charbonniers, mais ils exportent aussi beaucoup de fonte, de fer forgé ou laminé, de machines ; ils importent des céréales, des bois et de grandes quantités de minerai, provenant en majeure partie de l'Allemagne et auquel on doit mêler, pour la fabrication de l'acier, des minerais d'Espagne, d'Algérie, de l'île d'Elbe et de la Suède.

Il se fait ainsi, au confluent de la Ruhr, entre le Rhin et les lignes ferrées reliant le fleuve aux usines, aux charbonnages et aux principaux centres de la Westphalie, un échange considérable de marchandises.

Le transbordement est, de fait, l'*un* des facteurs principaux de l'industrie de Ruhrort et de Duisburg ; à cette opération se trouve liée l'existence de ces ports, et leur prospérité subirait dès lors, semble-t-il, une grave atteinte, le jour où le transbordement serait supprimé, soit en totalité, soit en partie, par suite de la création d'un canal intérieur à grande section reliant le Rhin à l'Ems, traversant dans toute sa longueur le bassin de la Ruhr et étendant ses ramifications jusqu'au pied des usines et des charbonnages (1).

(1) M. de Matthys ne partage pas cette manière de voir au sujet de la déchéance de Ruhrort et de Duisburg. Il estime que le mouvement industriel et commercial du bassin de la Ruhr augmentera par la construction du Rhein-Ems Kanal, dans des proportions telles, que la perte éventuelle des transbordements se trouvera finalement largement compensée par les avantages résultant de cette augmentation de mouvement.

Il est très sérieusement question, en ce moment, de la construction de ce canal.

La Prusse rhénane et la Westphalie le réclament d'une manière pressante.

Les études sont faites, et tout semble indiquer que le gouvernement allemand qui, une première fois déjà, a soumis le projet de canal à la législature, en obtiendra cette année l'approbation, ainsi que les premiers crédits nécessaires à sa mise à exécution.

Mais ce n'est pas le moment de nous arrêter davantage à cette question, dont l'importance méritera de notre part un examen approfondi et un rapport spécial.

Nous avons hâte d'arriver à la description de Ruhrort, dont le port nous a paru tout particulièrement bien aménagé, et où nous avons rencontré notamment toutes les installations désirables pour le chargement et le déchargement rapide et économique des charbons et des minerais.

Les ports maritimes belges n'étant pas complètement outillés à cet égard, et des installations aussi perfectionnées n'existant pas le long de nos canaux et rivières à grand trafic, la description qui va suivre pourra présenter une certaine utilité pratique.

Cette description comprendra nécessairement trois chapitres : les deux premiers consacrés au Rhin et au chemin de fer, les grandes artères du port, sources de son trafic ; le troisième se rapportant au port proprement dit et aux engins perfectionnés mis en usage pour le transbordement.

Nous saisirons cette occasion pour nous étendre un peu sur la navigation du Rhin, dont l'étude nous a paru rentrer dans notre mission et se rattacher d'ailleurs intimement au sujet que nous traitons en ce moment.

RHIN

Le Rhin est un des fleuves de l'Europe dont la capacité de transport est la plus grande. Son mouillage est relativement faible, mais sa longueur navigable est très étendue, et le mouvement de la navigation y est fort actif jusqu'à l'extrémité de ce parcours.

C'est ainsi qu'en 1883, on a enregistré à Mannheim, port situé sur le Rhin à 600 kilomètres de la mer, un nombre de 11,279 bateaux à l'entrée et à la sortie, et un mouvement de marchandises de 1,287,500 tonnes.

CONDITIONS DE NAVIGABILITÉ.

Mouillage et tirant d'eau. — Ces chiffres donnent une idée approximative du *tonnage* kilométrique total qui s'effectue par le Rhin, et si l'on ajoute que le *mouillage* est de $2^m,50$ à Mannheim et même encore de $1^m,30$ au minimum à Bâle, à 258 kilomètres plus en amont, on aura fourni les éléments nécessaires pour apprécier la grande capacité de transport du fleuve.

Les Allemands n'ont d'ailleurs pas perdu de vue qu'une voie aussi utile devrait se trouver dans des conditions encore meilleures ; des projets d'amélioration ont été dressés : on trouvera à l'avenir, d'un côté depuis Ruhrort jusqu'à Rotterdam, et de l'autre jusqu'à Cologne, un tirant d'eau de 3 mètres, alors que l'échelle de Cologne marque $1^m,50$. A l'amont de cette ville jusque Mannheim, sauf sur le parcours de Saint-Goar à Bingen, le tirant d'eau à réaliser est de $2^m,50$.

Largeurs du chenal. — Les largeurs projetées pour le chenal navigable doivent passer progressivement de 90 mètres, sur le Rhin supérieur, à 150 mètres à la frontière, puis de là aller en augmentant jusqu'à 200 mètres dans les Pays-Bas.

Ces indications sont celles qui ont été insérées dans le programme rédigé par la Commission internationale du Rhin dans sa dernière séance, qui a eu lieu en 1874.

De fortes dépenses ont été faites en vue de réaliser ce programme, et les conditions de navigabilité du Rhin ont déjà subi de notables améliorations dans le cours de ces dernières années.

En 1878, on évaluait à 22 millions de marks, devant se reporter sur dix-huit exercices, la dépense à faire pour achever, en Allemagne, la régularisation du fleuve dans les conditions admises par la Commission internationale (1).

En temps ordinaire, les bateaux de $2^m,10$ à $2^m,30$ de calaison et de 500 à 700 tonnes de marchandises peuvent naviguer aisément sur le Rhin. Mais, à la suite de sécheresses, il arrive nécessairement que, les eaux venant à tomber en dessous de l'étiage, les bateaux à pleine charge doivent alléger.

Les *frais d'allèges* croissent en raison de l'importance et de la durée de la baisse des eaux ; ils constituent une sujétion onéreuse pour le batelage et grèvent assez lourdement le prix de revient des transports.

Interruption de service. — Il arrive aussi, et quasi périodiquement chaque année, que les crues et les débâcles interrompent, d'une manière complète ou partielle, le service de la navigation.

La durée de ces interruptions varie d'une année à l'autre ; elle n'est pas la même pour les embarcations de diverse nature. Alors qu'il est exceptionnel de voir interrompre plus de 8 à 10 jours par an le service des bateaux à vapeur, il y a, au contraire, une moyenne de 30 à 40 jours de chômage annuel pour les bateaux remorqués.

(1) Mémoire adressé à la Diète sur la régularisation des fleuves prussiens.

Bateaux.

Une publication officielle allemande, récemment parue (1), donne les renseignements suivants sur les bateaux qui fréquentent le Rhin :

Nombre. — Leur nombre total est de 2,999, comprenant 395 bateaux en fer.

Capacité. — On connaît la capacité de 2,947 embarcations ; elle s'élève en totalité à 384,795 tonnes, et l'on en déduit le chiffre de 130 pour la capacité moyenne des bateaux du Rhin. Le chiffre précité de 2,947 se subdivise comme suit :

547	bateaux	de 10 à 30	tonnes.
812	»	de 30 à 70	»
563	»	de 75 à 150	»
746	»	de 150 à 300	»
279	au delà de 300 tonnes.		

Dimensions. — Parmi ces derniers se trouvent quelques bateaux de très grandes dimensions jaugeant jusqu'à 1,000 tonnes, ayant de 70 à 80 mètres de longueur, 6 à 10 mètres de largeur et un enfoncement de $2^m,50$.

Ces dimensions sont exceptionnelles et peu pratiques; elles donnent lieu, dans les conditions actuelles de navigabilité du Rhin, à de grandes sujétions au point de vue de l'exploitation commerciale. Aussi ne dépasse-t-on guère un tonnage de 400 à 500 tonnes, correspondant à des longueurs de 60 à 70 mètres et à des largeurs de 6 à 8 mètres.

Renseignements divers. — M. Bœufvé, gérant du consulat de France à Francfort, a publié une notice (2)

(1) *Die deutschen Wasserstrassen* (2 mai 1885).

(2) Notice reproduite dans les *Mémoires et comptes-rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France*, année 1884, page 120.

tout à fait complète du batelage du Rhin. On y trouve tous les renseignements désirables concernant : les bateaux à voiles ou à remorquage, les bateaux à vapeur à roues ou à hélices, les bateaux en bois ou en fer, ceux affectés au transport des voyageurs, des voyageurs et des marchandises, ou des marchandises seulement.

Les bateaux sont classés par nationalité; la notice renseigne les jauges moyennes et totales, la force collective et la force moyenne en chevaux des bateaux à vapeur. Enfin, le travail renferme des données précises sur l'âge des bateaux, leur durée et leurs équipages, ceux-ci divisés par nationalité et répartis entre la navigation à voile et la navigation à vapeur.

Remorquage et touage.

Si le mouvement des transports sur le Rhin se développe et croît d'une manière continue, malgré la concurrence des lignes ferrées et les interruptions annuelles et périodiques du service de la navigation, c'est grâce à l'existence de puissantes compagnies, bien outillées pour le transport et le remorquage.

Sur le Rhin, le batelier n'est pas isolé, n'est pas livré à ses seules forces devant la puissante organisation des chemins de fer; on trouve ici en présence, également bien armées et outillées pour la lutte, deux organisations parfaites assurant, dans les mêmes conditions de régularité, de sécurité et presque de vitesse, le transport à bas prix des marchandises.

Dans cette lutte entre la voie ferrée et la voie navigable, les compagnies de navigation du Rhin ont l'avantage de disposer d'une ligne de 825 kilomètres d'étendue que l'on améliore sans cesse ; aussi gagnent-elles du terrain chaque année et se sont-elles assuré déjà, à l'heure présente, un trafic évalué à plus de

5 millions de tonnes en *tonnage absolu*, correspondant à un total de plus de 10 millions de tonnes pour l'ensemble des arrivages et des expéditions dans les ports du Rhin servant au commerce général (1).

Ces compagnies de navigation sont très nombreuses. Leur nomenclature se trouve dans les rapports annuels statistiques de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

Ruhrort est le siège de deux de ces compagnies puissamment outillées : la Compagnie Franz Haniel, d'une part, et, d'autre part, la Société centrale par actions pour le touage et le remorquage, possédant, indépendamment de huit toueurs, quatorze grands remorqueurs.

Un câble se trouve immergé dans le fleuve entre Ruhrort et Bingen ; mais il est surtout utilisé à partir d'Obercassel, à l'amont de Bonn. Et ce qui doit surprendre, c'est qu'il rend le plus de service là précisément où l'on croyait son fonctionnement impossible, à cause des courbes, du rétrécissement du fleuve, des bancs de sable et des rochers (2).

M. Teichmann, professeur à Stuttgard, dans une communication qu'il a faite au groupe wurtembergeois de l'Association des ingénieurs allemands, a discuté, d'une manière approfondie et sous toutes ses faces, la question du touage et du remorquage sur le Rhin. — Cette étude fort intéressante a été reproduite en 1881 (pages 165 et suivantes), dans les *Mémoires et comptes-rendus des ingénieurs civils de France*.

Fret. — Le fret est essentiellement variable sur le Rhin. Il s'élève ou s'abaisse dans de très larges

(1) Renseignements statistiques fournis dans les rapports annuels de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

(2) Rapport de la Commission précitée. — Renseignements statistiques, 1876.

limites, suivant l'offre et la demande, la hauteur des eaux, l'époque de l'année, le sens du parcours et la longueur du trajet.

On paie, en moyenne, 20 à 30 p. °/₀ de plus pour remonter le Rhin que pour le descendre, et, d'un autre côté, le prix kilométrique diminue assez sensiblement lorsque la distance augmente : c'est ainsi qu'à la remonte, de Rotterdam à Mannheim, le fret kilométrique n'a pas dépassé fr. 0-016, tandis qu'il s'est élevé à fr. 0-019 pour Ruhrort ; à la descente, ces mêmes *prix maximum* ont été respectivement de fr. 0-012 à fr. 0-016.

Les *plus bas prix* obtenus pour le fret kilométrique ont été

A la remonte :

De Rotterdam à Mannheim	. . . fr.	0-009
Id. à Ruhrort	. . . . .	0-010

A la descente :

De Mannheim à Rotterdam	. . . fr.	0-007
De Ruhrort à id.	. . . .	0-010

Ces prix kilométriques se composent de deux éléments : le *prix du transport* proprement dit et le *prix du remorquage.*

Le *remorquage* coûte, en moyenne, autant que le transport pour le trajet de Rotterdam à Cologne, et à peu près le double pour le trajet de Rotterdam à Mannheim, à cause des mauvaises passes du Rhin supérieur.

Le *prix du transport* proprement dit et le prix du remorquage sont, du reste, essentiellement variables, et ces variations s'opèrent suivant des lois différentes. De telle façon que le prix du transport n'augmente pas et ne diminue pas en même temps et de la même manière que le prix du remorquage.

Quoi qu'il en soit à cet égard, ce qu'il importe de retenir pour la suite de cette étude, c'est le prix du fret de Ruhrort vers la Hollande et la Belgique.

Ce fret varie, par tonne, de fr. 2-10 à fr. 3-50 entre Ruhrort et Rotterdam, et il convient d'y ajouter fr. 1-25 par tonne pour Anvers.

Les limites entre lesquelles varient les prix de transport de la houille depuis le carreau de la mine jusqu'à Rotterdam et Anvers, avec transbordement à Ruhrort, sont, pour le transport vers

Rotterdam . . .	fr.	4-10	à	fr.	4-60
Anvers	»	5-40	à	»	5-70

et ces prix comprennent tous les frais quelconques, transport par chemin de fer, transbordement, assurance et fret sur le Rhin (1).

Les rapports de la Commission centrale pour la navigation du Rhin contiennent sur le fret des données fort détaillées et des tableaux nombreux, dont le numéro d'avril 1885 des *Annales des ponts et chaussées de France* a donné des extraits.

Le résumé qu'en fait M. de Mas, Ingénieur en chef des ponts et chaussées de France, est succinct, mais établi avec précision et d'une manière judicieuse.

CHEMIN DE FER.

Un coup d'œil jeté sur la carte des chemins de fer du bassin de la Ruhr montre à quel point le réseau des voies ferrées s'y trouve enchevêtré, bien davantage encore que dans le bassin de Charleroi ; il fait voir aussi et immédiatement que ce réseau a été créé par parties successives, sans plan d'ensemble, sans pro-

(1) Voir *Mémoires etc. de la Société des ingénieurs civils de France*, page 125.

gramme bien arrêté, et pour répondre aux besoins d'une concurrence et d'une rivalité excessives, plutôt que pour desservir, d'une façon rationnelle, les intérêts de l'industrie.

En effet, jusque dans ces dernières années, les compagnies des chemins de fer Rhénan, Cologne-Minden, Bergisch-Markisch, se disputaient avec acharnement les transports vers le Rhin et étendaient à l'envi leurs ramifications dans tous les sens jusqu'aux sièges d'extraction des mines et jusqu'aux grandes usines de production du fer et de l'acier.

L'Etat, ayant considéré que les intérêts de l'industrie, non moins que ceux de la défense du pays, lui faisaient un devoir de racheter l'ensemble des lignes exploitées par les compagnies concessionnaires, s'est appliqué, sitôt en possession des lignes, à remédier, autant que possible, dans le bassin de la Ruhr, aux inconvénients de la situation existante, et à suppléer au mauvais agencement des voies ferrées par une ferme et unique direction s'inspirant de vues supérieures.

Tarifs. — Maître des tarifs, disposant de cette grande force, le Gouvernement les a modifiés, revisés, unifiés dans l'intérêt de sa politique économique, autant que pour réaliser un bon équilibre financier.

Tout en laissant au personnel des anciennes Compagnies le service de l'exploitation proprement dite, il s'est réservé, avec un soin jaloux, de statuer sur toutes les questions qui touchent aux tarifs de transport, et principalement aux tarifs de transit et d'exportation.

C'est ainsi que, malgré la distance plus grande, les tarifs d'exportation sont moins élevés pour Brême que pour Anvers : on paie fr. 5-60 par tonne de houille exportée de la Ruhr vers la mer et à destination du port de Brême ; on paie fr. 5-93 par tonne à destination du port d'Anvers.

Nous aurons l'occasion de revenir sur cette question des tarifs, et de la traiter avec plus de détails dans un rapport spécial que nous rédigerons sur les canaux et les chemins de fer de l'Ouest de l'Allemagne.

Matériel roulant. — Le gouvernement allemand ne s'est point borné à cette seule réforme de tarifs, il a aussi largement accru l'outillage du transport dans le bassin de la Ruhr. Les gares ont pris beaucoup d'extension et le nombre des wagons a été augmenté de près du tiers dans la région rhénane-westphalienne (1) pendant les années 1882 et 1883. Ce nombre se chiffre aujourd'hui par plus de 40,000. La même augmentation a eu lieu dans le nombre des locomotives.

Cette progression est, du reste, en rapport avec le rapide développement de l'industrie westphalienne. Et l'on conçoit d'ailleurs aisément que, pour suffire au transport provenant d'une extraction de plus de 30 millions de tonnes de houille et des produits d'une industrie métallurgique presque sans rivale, il faut, dans une région privée de canaux et de l'aide du batelage, un matériel de chemin de fer énorme.

Un seul fait mettra cette nécessité en évidence, comme aussi la puissance de l'organisation des chemins de fer allemands : la veille de notre arrivée à Ruhrort, le 9 septembre dernier, on avait demandé, pour ce port, 9,670 wagons, et on avait pu les obtenir.

Ce fait a été relaté par le *Rheinische Zeitung*. Il prouve aussi, soit dit en passant, l'activité industrielle de Ruhrort.

Tout le matériel roulant, construit en Allemagne dans ces dernières années, depuis la reprise par l'Etat des réseaux concédés, a été exécuté d'après les types

(1) V. Notice de M. Jacquot, consul de France à Dusseldorf. *Mémoires, etc., de la Société des Ingénieurs civils*, p. 238, 1884.

arrêtés en 1879 par M. Maybach, ministre des travaux publics de la Prusse.

Les numéros de 1879 des *Annalen für Gewerbe und Bauwesen* de Berlin donnent une description longue et détaillée du nouveau matériel roulant adopté en Allemagne. Cette description a été reproduite, en traduction, dans la *Revue générale des chemins de fer* (année 1881, pages 352 et 428).

Nous croyons pouvoir renvoyer à ces ouvrages et nous dispenser de refaire un travail qui nous a paru fort complet.

Avant le rachat des lignes concédées, on faisait, dans la Westphalie, un grand usage, pour le transport des houilles, de wagons spéciaux pourvus de trappes inférieures pour faciliter le déchargement. Il existe encore beaucoup de ces wagons à trappes et dont les caisses sont de forme pyramidale. On s'en sert pour décharger la houille aux lieux de dépôts le long des quais de Ruhrort, ou pour la déverser directement dans les bateaux du Rhin au moyen d'estacades et de trémies.

Le procédé est rapide et peu coûteux, mais préjudiciable au charbon qui se brise par suite de la hauteur de chute.

Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, en traitant des moyens de transbordement en usage à Ruhrort.

Les wagons à trappes présentent non seulement des inconvénients pour le bris des charbons, mais aussi pour l'exploitation des chemins de fer. Il y a des dangers sérieux de voir les trappes s'ouvrir spontanément pendant la marche, et devenir ainsi la cause première de déraillements.

Les wagons spéciaux dont on vient de parler tendent donc à disparaître peu à peu.

Mouvement des transports par chemin de fer. — Les

chemins de fer ont amené à Ruhrort et à Duisburg, en 1881, 6,819,881 tonnes de houille de la Westphalie.

Ce chiffre énorme ne comprend ni le mouvement des céréales ni celui des fers et des minerais qui, dans le bassin rhénan-westphalien, sont d'une extrême importance, mais sur lesquels, sauf pour Ruhrort, nous n'avons pu obtenir des données suffisamment précises.

Nous nous bornerons à indiquer ici comment se décompose le chiffre total des tonnes de houille qui vient d'être cité :

Ruhrort, arrivée		2,705,174	tonnes.
Id.	départ vers Urdingen	896,785	id.
Duisburg, arrivée		4,114,705	id.
Id.	départ vers Calcum-Dusseldorf	808,415	id.
Id.	Id. vers Urdingen	1,740,240	id.

Le mouvement des transports par le Rhin a été indiqué précédemment.

LE PORT DE RUHRORT

Le port de Ruhrort se compose d'installations établies directement le long de la rive droite du Rhin, de postes d'accostage, de quais et d'embarcadères ; mais il est surtout formé de darses nombreuses et fort étendues, bordées sur leurs rives de lieux propres aux dépôts de charbon, de grils de carénage, de chantiers, de grues, de culbuteurs et d'installations diverses.

Les bassins sont en libre communication avec le fleuve. Ils n'ont pas d'écluse, ce qui est une grande facilité pour les bateaux. Ce sont donc de véritables darses.

Les entrées des bassins sont dirigées du nord au sud, en sens inverse du courant du fleuve. Cette disposition paraît éminemment rationnelle pour réduire

les apports et, dès lors, les quantités de matières à draguer.

A l'origine, le port se composait uniquement d'un bassin-canal branché sur le Rhin et aboutissant, à Ruhrort, à deux bassins parallèles entre eux, d'égale largeur, communiquant à leurs extrémités et comprenant entre eux une île de 4 hectares de superficie, à présent occupée par des chantiers de construction de bateaux.

Ces bassins formèrent le noyau du port, et l'on vit, en quelques années, se développer, le long de ces premières darses, de nouveaux bassins toujours plus grands et toujours encombrés dès leur achèvement. Quelque activité que l'on mît à les creuser, les bassins nouveaux avaient peine à répondre à l'extension réellement prodigieuse de l'industrie de la houille et du fer dans les provinces rhénanes.

On reconnaît d'ailleurs aisément que le plan du port n'a pas été conçu et projeté en une seule fois. Ses développements successifs ont été en quelque sorte obligés, dictés par des nécessités locales, pour rester dans les limites tracées par la Ruhr et l'aggloméré de la commune ; ils ont été subordonnés aux besoins de l'industrie, au fur et à mesure qu'ils se manifestaient.

C'est ainsi que, par des extensions successives, les installations du port de Ruhrort sont arrivées aujourd'hui à occuper une superficie de 200 hectares qui se répartissent comme suit :

63 *hectares* environ de bassins, si l'on tient compte de la partie aval du lit de la Ruhr, correspondant à une longueur de 1,600 mètres, qui sert de bassin de refuge. On évalue à 1,600 le nombre d'embarcations de dimensions moyennes que l'on peut commodément recevoir dans les bassins.

80 *hectares* sont occupés par des magasins, des

chantiers, des dépôts de charbons, de bois et de minerais.

57 *hectares* sont occupés par les gares, les voies ferrées, les chemins et les voies d'accès au port. L'ensemble de ces superficies est égal, à peu de chose près, à celle des bassins.

Mesurée sur le plan, la longueur réunie des bassins est de $10^k,5$, et le développement des voies ferrées n'est pas inférieur à $34^k,6$.

La largeur des bassins varie de 25 à 90 mètres, et le mouillage normal de $2^m,50$ à $3^m,50$, suivant la hauteur des eaux dans le Rhin.

Les rives sont consolidées par des perrés en maçonneries ou des revêtements en bois.

Toutes les nouvelles darses sont bordées de murs de quai, de types variables, mais établis avec une stricte économie.

Pour le bassin impérial, qui a été construit le dernier, on a adopté le type de murs sur arcades, dont le coût par mètre courant est relativement fort peu élevé.

On peut voir sur le plan, que les chenaux d'accès sont, à l'entrée, limités par des jetées ou des estacades prolongées assez avant dans le Rhin.

Bien que dépourvus de terre-pleins utilisables pour la manutention des marchandises, ces chenaux sont de la plus grande utilité au point de vue du trafic, attendu que les jetées et les estacades servent d'embarcadères pour les bateaux à vapeur à service régulier. Ces bateaux ne doivent donc pas entrer dans le port.

Nous donnons ci-après les surfaces d'eau, les longueurs et les largeurs des différentes parties du port utilisées comme bassins de chargement et de déchargement, ou comme bassins de garage et de refuge pour les bateaux :

DÉSIGNATION DES BASSINS.	Longueurs.	Largeurs.	Surfaces.	*Observations.*
	Metres.	Mètres.	H. A. C.	
Bassin du chemin de fer de Cologne-Minden (1)	450 »	40 »	1 80 00	(1) Exclusivement affecté au service du chemin de fer.
Bassin pour la navigation à vapeur.	200 »	25 »	» 50 »	
Vieux bassin (entier). .	2,200 »	40 » (2)	9 10 »	(2) Largeur moyenne.
Jonction.	130 »	40 »	» 52 »	
Bassin de l'écluse . . .	900 »	50 » (3)	4 25 »	(3) Largeur moyenne.
Bassin du Nord	900 »	82,50	7 42 50	
Bassin du Sud.	800 »	87 »	6 96 »	
Bassin de Jonction. . .	210 »	22,50	» 47 25	
Bassin impérial	3,150 »	66,25 (4)	19 78 75	(4) Largeur moyenne.
Ruhr, rivière, (partie vers l'embouchure) (5)	1,600 »	75 »	12 » »	(5) Bassin de refuge.
	10,540 »		62 81 50	

Tous les chiffres qui précèdent, et sur lesquels nous nous sommes assez longuement étendus, nous ont paru utiles à citer et à préciser.

Ils donnent une idée de la grande superficie, de l'étendue relativement considérable des installations nécessaires pour créer un port de grand trafic, affecté d'une façon spéciale à l'exportation des charbons ou à l'importation des minerais.

Si l'on se préoccupait, en Belgique, d'augmenter le fret de sortie, et si l'on songeait à la houille pour compléter le chargement des navires, il y aurait beaucoup à faire, à tous les points de vue, dans nos ports maritimes.

Anvers est devenu, personne ne pourrait le nier, l'un des ports du continent les mieux outillés et dont les installations sont les plus vastes et les plus complètes, mais les bassins et les engins font défaut pour l'embarquement ou le débarquement des houilles et

des minerais, ou plutôt, pour être tout à fait exact, l'installation pour ces manutentions se borne à quelques grues à vapeur placées au fond du bassin de la Campine, dans des conditions fort difficilement accessibles aux navires de mer. Le prix du transbordement s'élève du reste encore à fr. 0-70 la tonne, ce qui est beaucoup trop élevé (1). C'est Anvers cependant qui, de tous les ports belges, semble se prêter le mieux à des installations analogues à celles de Ruhrort, à cause précisément du voisinage du bassin de la Ruhr.

Anvers est le port naturel de la Prusse rhénane et de la Westphalie; il a le bénéfice de la plus courte distance par voie ferrée et il l'emporte, à cet égard, d'une manière sensible sur les ports allemands et néerlandais.

L'Allemagne, de son côté, aurait un grand intérêt à obtenir, par une entente avec les Pays-Bas et dans des conditions fort peu dispendieuses, la jonction de Ruhrort à Anvers par un canal quasi direct, presque en ligne droite et raccourcissant de près de moitié la distance par eau entre ces deux ports.

Il ne reste à construire, à cette fin, qu'un bout de canal de Ruhrort à Venlo.

La construction de cette voie navigable, dont le coût serait relativement peu élevé et dont les plans sont faits, paraît, entre toutes, la solution la plus simple, la moins coûteuse et la plus rapidement exécutable pour donner satisfaction aux besoins d'expansion, chaque jour croissants et plus impérieux de l'industrie du bassin de la Ruhr.

Elle aurait pour résultat de créer un puissant courant commercial de l'Allemagne vers tous les points du monde.

(1) V. *Bulletin de l'Association des ingénieurs de Gand*, juin 1883, p. 237. Note de M. l'Ingénieur Van Bogaerde.

Ce courant, immobilisé jusqu'à ce jour par l'insuffisance et par les frais élevés des moyens de transport, accroîtrait dans des proportions incalculables le développement de l'industrie et du commerce du continent, au grand bénéfice de tous les ports de la mer du Nord.

Si le canal de jonction de la Meuse au Rhin vient à se construire, ce que commande l'intérêt de l'Allemagne, il faudra songer à doter le port d'Anvers des installations nécessaires pour faire, dans des conditions pratiques, les dépôts, les mélanges et les transbordements de houille.

De pareilles installations sont coûteuses à établir ; les dépenses déjà faites à l'heure présente pour le port de Ruhrort s'élèvent au chiffre de 20 millions de francs.

Il ne faut pas oublier que l'ensemble des bassins de ce port a une superficie de près de 63 hectares, alors que tous les bassins maritimes d'Anvers, y compris les nouveaux bassins Africa et America ne mesurent en tout que 64 hectares 1/2. (1)

C'est le gouvernement prussien qui a soldé les 20 millions dépensés à Ruhrort.

Il a considéré le port comme une dépendance du Rhin ; et maintenant encore, c'est lui qui gère, qui administre le port et qui assume l'entretien des bassins et des chenaux d'accès. Il dépense, à cet effet, environ 375,000 francs par an.

Les quais de Ruhrort, dans la plus grande partie de leur étendue, sont exclusivement affectés à l'embarquement des charbons.

Ils sont disposés, aménagés dans ce but, et les

(1) V. *Anvers port de mer*, par MM. Royer, De Keijser-De Wit et Haenen, pages 119 et 123.

études, les améliorations n'ont tout naturellement qu'un seul objet, celui de perfectionner et de faciliter toujours davantage le transbordement.

Cette opération se fait à Ruhrort de deux manières essentiellement différentes, selon qu'il s'agit :

Ou bien d'embarquer des houilles mises en dépôt le long des quais en prévision de commandes ultérieures, ce qui est le cas le plus fréquent ;

Ou bien de déverser directement le charbon du wagon dans le bateau amarré au pied des quais.

Chacun de ces modes d'embarquement réclame des installations distinctes et spacieuses, et surtout des voies ferrées nombreuses et bien aménagées : des voies pour l'arrivée et pour le départ, des voies pour la formation des trains, des évitements, des garages très étendus à proximité des bassins, et enfin, des engins de chargement multipliés et à manœuvre rapide.

Ces conditions se trouvent réalisées à Ruhrort.

On a donné jusque 75 mètres de largeur aux quais et ménagé, tout le long des bassins, des lieux de dépôt très vastes où se trouvent ordinairement approvisionnées de grandes quantités de houille se chiffrant par plusieurs centaines de mille tonnes.

Tout batelier arrivant à Ruhrort est certain d'y trouver un chargement de houille, et même un chargement de telle composition, de telle qualité qu'il désire.

Ruhrort a des spécialités de houille, formées par mélange, qui sont fort réputées. Desservant une immense région charbonnière renfermant les produits les plus riches et les plus variés, Ruhrort a su tirer admirablement parti de cette situation. On y trouve des charbons composés et assortis pour répondre aux besoins de toutes les industries. Aux lieux de dépôt sont classés, séparés avec grand soin, les charbons à

gaz, les charbons gras et les charbons maigres, et, dans chacune de ces catégories, nettement subdivisés et triés, le tout-venant, le gailleteux, le menu, etc.

Formation des dépôts. — Un grand ordre préside donc à la répartition des lieux de dépôt et à leur aménagement. De même, une étude attentive a permis de disposer parfaitement et sans perte de terrain, les voies ferrées qui amènent les wagons aux lieux de dépôt.

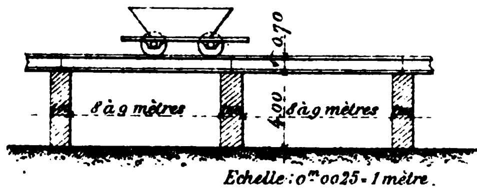
La traction se fait partout à l'aide de locomotives, et le rayon des courbes n'est descendu nulle part en dessous de la limite indiquée par les nécessités d'une bonne exploitation.

En plusieurs endroits, le terre-plein des quais se trouvant placé à une grande hauteur au dessus du niveau de l'eau dans les bassins, on a racheté cette différence de niveau par des plans inclinés automoteurs, en utilisant la force de la gravité pour amener les wagons chargés des voies supérieures au niveau de la plateforme des dépôts et pour ramener les wagons vides aux garages supérieurs.

Le charbon arrive ainsi aux lieux de dépôt sans chute de grande hauteur et sans se briser.

Un procédé tout différent, moins bon, mais plus rapide, consiste à laisser tomber le charbon de toute la hauteur comprise entre le plancher du wagon, circulant au niveau du terre-plein du quai, et la plateforme du dépôt placée à 3 et 4 mètres plus bas.

Pour opérer ainsi, il a fallu établir, de distance en distance, des petits passages supérieurs en fer, franchissant les lieux de dépôt, comme l'indique le croquis ci-après.



Chaque ouvrage est formé de piles et culées en maçonnerie, distantes de 8 à 9 mètres, sur lesquelles s'appuient des longerons-rails où circulent les wagons.

L'espacement entre les rails n'étant couvert par aucun plancher, on amène le wagon, on rabat la trappe de fond ou bien l'on ouvre les portes de côté et les clapets d'about, et le charbon tombe entre les rails jusque sur la plateforme du dépôt. Le procédé n'est applicable, dans de bonnes conditions, qu'au charbon menu ou à la petite gailleterie; le gros charbon s'émiette par la chute et donne d'autant plus de déchets qu'il est plus friable. — Il est d'ailleurs nécessaire, pour l'embarquement, de reprendre le charbon à la brouette ou au camion et de le culbuter dans le bateau.

Wagons. — Les wagons à clapet en usage à Ruhrort sont de divers systèmes.

On trouve encore des wagons à forme pyramidale, appartenant la plupart à M. Haniel, grand industriel de Ruhrort; dans ces wagons, les trappes sont à charnières transversales. Les volets sont maintenus fermés par deux leviers en fer qui servent de supports. Ces leviers, placés horizontalement, sont fixés, d'un côté du wagon, à un axe de rotation solidement encastré dans la traverse médiane du châssis, et s'appuient, de l'autre côté du wagon, dans des étriers situés de part et d'autre, à $0^m,25$ de cette traverse médiane. Les plans et détails de la trappe mobile se trouvent dans

la partie de l'ouvrage de Couche se rapportant au matériel roulant (p. 198 et 199).

Il est aussi parlé, dans le même ouvrage, de trappes à charnières longitudinales ; elles sont en usage en Allemagne, mais beaucoup moins cependant que celles précédemment décrites.

Ce sont les wagons avec portes de côté et clapets d'about qui tendent à remplacer de plus en plus le matériel avec trappes. — On les construit tout en fer et on les munit de haussettes. Il faut très peu de temps pour décharger ces wagons, et l'opération se fait à peu près aussi facilement par les côtés que par les trappes de fond.

Le prix de déchargement d'un wagon aux dépôts est de fr. 0-70, y compris la manœuvre du wagon chargé et à vide ainsi que le pesage. Cela revient à fr. 0-07 la tonne de houille déchargée au dépôt.

Embarquement du charbon mis en dépôt. — L'embarquement des houilles mises en dépôt se fait à la brouette ou au camion.

Embarquement à la brouette. — Les brouettes ont une forme spéciale, leur caisse est large et évasée. Elles chargent 200 à 300 kilogrammes de charbon, et sont conduites jusqu'au bateau sur un roulage en madrier.

On paie fr. 0-23 pour l'embarquement d'une tonne de houille à l'aide de la brouette, pour une distance d'un relai de 20 mètres.

Embarquement par wagonnet. — Pour les distances dépassant 25 à 30 mètres, entre le dépôt et le bateau, l'installation devient plus complète et mieux aménagée. C'est le wagonnet de 1,000 à 1,500 kilogrammes qui remplace la brouette, et de petites voies ferrées, à faible écartement, sont disposées de manière qu'un wagonnet chargé, descendant par son propre poids jusqu'au poste d'accostage en maçonnerie ou en

charpente au pied duquel se trouve le bateau, fait remonter un wagonnet vide sur les voies de garage.

Le wagonnet chargé, animé de sa vitesse acquise, se déverse d'un seul coup en arrivant au dessus de la trémie ; le charbon tombe et est conduit par un long couloir en plan incliné jusque dans les soutes du bateau.

Le wagonnet vide est aiguillé sur la voie montante et se trouve tiré par le câble de manœuvre jusqu'au lieu de dépôt.

Toutes les anciennes trémies étaient construites en bois ; il en reste peu de semblables à Ruhrort, mais il en existe encore, et de toutes primitives, à Dusseldorf et à Cologne.

Des appareils de l'espèce, toujours soumis à des chocs et à une très grande fatigue, se détériorent rapidement par un usage suivi; aussi l'emploi du fer est-il indispensable et admis, du reste, pour toutes les constructions nouvelles.

Ces constructions se font aujourd'hui avec un très grand soin et l'on est parvenu, au moyen d'un simple clapet dans l'entonnoir de la trémie, à régler le débit par le couloir, de manière à obtenir un écoulement en masse serrée. De cette manière, on évite les déchets, ce qui est important quand il s'agit d'embarquer des charbons friables.

L'embarquement par wagonnet n'augmente pas sensiblement de prix avec la distance, surtout dans des limites aussi réduites que celles dont il s'agit; aussi peut-on dire que l'on gagne, au moyen du wagonnet, le prix que l'on paierait pour les relais supplémentaires à la brouette.

Embarquement direct par wagon. — Une grande partie des houilles embarquées à Ruhrort passe directement du wagon dans le bateau, sans subir l'opération préalable de la mise au dépôt.

Toutes les fois que la chose est possible, on supprime évidemment cette manœuvre supplémentaire, dont nous avons indiqué la raison d'être et la nécessité pour un grand nombre de cas.

Afin de décharger les wagons directement dans les bateaux, on a prolongé les voies ferrées jusqu'au droit d'échafaudages élevés ou de supports en maçonnerie qui s'avancent dans les bassins, et au pied desquels sont amarrés les bateaux en chargement. Sur l'échafaudage se trouvent solidement installés une trémie et un buttoir pour les wagons dont nous avons donné la description précédemment.

Les wagons spéciaux se vident par le fond ou par les côtés; les wagons ordinaires sont versés par des culbuteurs de plusieurs systèmes. Nous nous bornerons à donner succinctement, d'après les renseignements du constructeur, la description de celui de ces appareils (1) qui nous a paru le plus perfectionné.

Les dessins de la planche VI indiquent clairement comment l'appareil fonctionne, et comment il agit d'une manière automatique pour déverser le charbon du wagon dans le bateau. En arrivant sur le plancher mobile de l'appareil, l'essieu d'avant du wagon est saisi et arrêté par deux forts leviers armés de crochets.

A l'aide de transmissions bien combinées et figurées au plan, les leviers reçoivent leur impulsion de deux taquets *b* fixés en saillie latéralement aux rails et qui s'abaissent au passage des mentonnets des roues. Au départ des wagons les leviers s'abaissent d'eux-mêmes.

Tout le plancher étant mobile, autour de l'axe *o*, la rotation se produit, sans aucun danger d'ailleurs, pour le wagon qui est fixé à demeure, dès que la résultante du poids de ce wagon chargé et du poids du tablier

(1) Appareil breveté en Allemagne et construit par la *Gutehoffnungshütte Aktien-Verein für Bergbau und Huttenbetriel*, à Ober-Hausen.

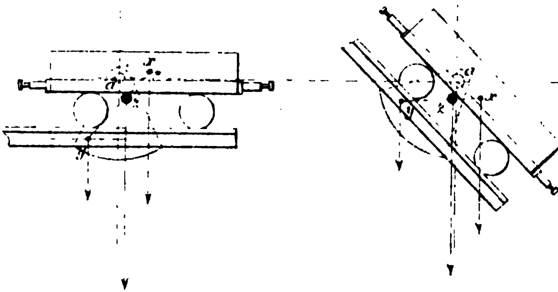
mobile tombe, vers le bassin bien entendu, en dehors de la verticale passant par l'axe de rotation.

Sitôt le wagon vide, la résultante des poids passe de la droite à la gauche de la verticale menée par l'axe de rotation, et le tablier reprend de lui-même sa position première.

L'appareil est donc en principe, réellement automoteur. — Les schémas ci-dessous indiquent clairement les différentes phases de l'opération.

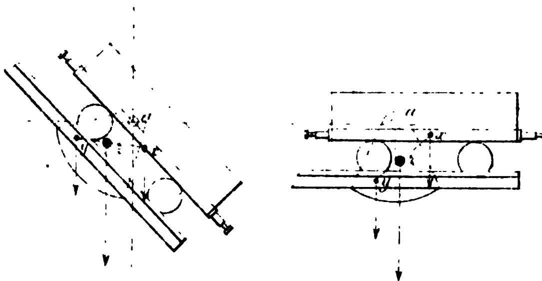
Wagons chargés.

Arrivée du wagon sur la bascule. Déversement du wagon.



Wagons vides.

Wagon déversé. Wagon relevé



Tout le système est basé sur un principe d'équilibre élémentaire, et les organes des mécanismes sont simples et solidement construits.

Les leviers, armés de crochets, peuvent se déplacer sur le plancher; leur position est réglée d'après la distance des essieux du wagon à faire basculer.

Un ouvrier règle la position des leviers et il exécute aussi d'autres manipulations à l'aide de la petite manivelle *f* (pl. VI).

En pratique, en effet, le mouvement de la bascule n'est pas laissé entièrement libre. L'ouvrier chargé des manœuvres se sert d'un frein *g*, pour modérer la vitesse de rotation du tablier.

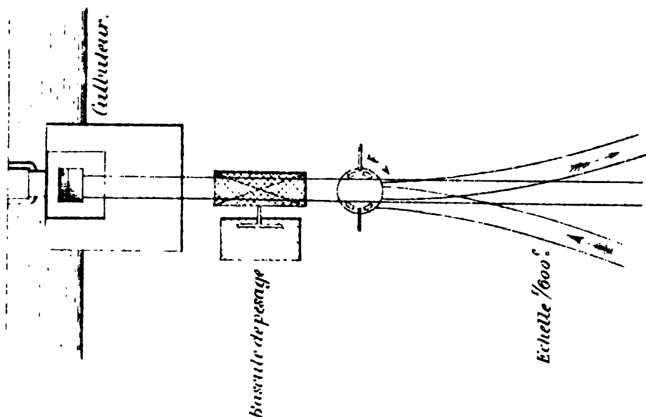
Après que le wagon est amené, saisi par les crochets et arrêté, on enlève à l'avant du wagon la paroi mobile, on desserre le frein et on laisse incliner doucement le tablier jusqu'à ce que le wagon soit entièrement vide. Il faut alors, au moyen du frein, agir pour que le tablier ne revienne pas trop brusquement à sa position horizontale.

Pour des cas imprévus, comme aussi pour rendre possible, en toute circonstance, la manœuvre du plancher, on a ajouté un petit cabestan qui agit, par la transmission de roues, sur l'arbre d'un segment à crémaillère fixé au plancher mobile.

Dans le cas où l'on ne peut enlever la paroi d'avant du wagon, tout le charbon ne tombe pas automatiquement dans la trémie, et il faut recourir à la pelle pour parachever le déversement.

PRIX DE REVIENT DU TRANSBORDEMENT.

Pour arriver au culbuteur, les wagons doivent passer, comme l'indique le croquis ci-après, sur une plaque tournante et sur la bascule de pesage.



Les wagons sont amenés en rame par locomotive, jusqu'à proximité du culbuteur; mais c'est à bras d'homme que, séparément, ils sont amenés à la plaque tournante, conduits sur la plate-forme mobile et ramenés sur la voie d'évitement.

L'ensemble de ces opérations se faisant d'une façon régulière et continue, ne prend que 5 à 6 minutes de temps.

On est arrivé à décharger jusqu'à 140 wagons au même endroit et même plus, mais exceptionnellement, pendant une journée de 12 heures.

Il est facile d'établir le prix de revient du transbordement, confié d'ordinaire à une équipe de sept hommes. En admettant le prix de 30 francs pour le salaire de ces hommes et un chargement normal moyen de 100 wagons par jour, le prix de la tonne déversée revient à fr.. 0-03.

En pratique, on paie fr. 0-05 par tonne aux ouvriers chargés de la manutention, ce qui tient compte des chômages, des arrêts et des autres imprévus.

Coût d'un culbuteur. — La partie métallique d'un culbuteur, mécanismes compris, coûte [illegible] francs.

La dépense à faire pour charpente ou maçonnerie autour de l'appareil varie dans chaque cas, et dépend de la profondeur et de la nature du terrain; elle s'est élevée pour Ruhrort de [illegible] à [illegible] francs.

Embarquement des fers. — Ruhrort possède non seulement des quais pour l'embarquement du charbon, mais aussi pour l'embarquement des poutrelles et des fers du commerce en général.

Ces quais sont armés de grues mobiles à vapeur d'un bon usage, et dont l'emploi est d'autant plus nécessaire, que les différences de niveau sont fort grandes entre les plates-formes de ces quais et le plan d'eau des bassins.

Il existe également des grues fixes et des bigues de grande puissance, desservant les chantiers de construction établis le long des vieux bassins. Ces engins sont construits en fer, d'après les derniers perfectionnements, mais sans présenter aucune particularité méritant une description spéciale.

Débarquement des minerais. — Il n'a été question jusqu'ici que des manœuvres qui s'effectuent pour transborder la marchandise amenée par wagon dans le bateau. L'opération inverse se pratique fort en grand à Ruhrort, où il arrive d'immenses quantités de minerai qu'il faut expédier, par chemin de fer, dans toutes les directions, jusqu'aux nombreuses usines disséminées dans tout le bassin de la Ruhr.

Ce sont des grues à vapeur qui transbordent le minerai du bateau dans le wagon, au moyen de bennes carrées à fond mobile. Le poids des bennes est, à charge, de 3,000 kilogrammes, et à vide de 600 kilogrammes.

En deux jours de temps on peut décharger un bateau

de minerai de 800 tonnes, mais en travaillant jour et nuit.

Nous n'avons pu obtenir de renseignements précis sur le prix de revient du transbordement des minerais, mais on peut aisément calculer ce prix d'une manière approximative, connaissant la quantité de travail produite, et sachant que ce travail est confié d'ordinaire à une équipe de 6 à 7 hommes.

Débarquement des grains. — Nous croyons utile de signaler, en passant, mais sans vouloir entrer dans une description détaillée que ne comportent ni le cadre de cette notice ni l'importance des appareils que nous avons vus installés le long des quais de Ruhrort et de Duisburg, plusieurs élévateurs à grains avec godets et courroies de transport.

Ces installations nous ont paru établies dans des conditions assez modestes, et affectées exclusivement à l'usage de grands moulins à farine et d'entrepôts à grains.

Nous terminons cette notice par deux tableaux.

Le premier est extrait du *Amtsblatt des Regierungs Bezirkes Dusseldorf*, et, pour les années antérieures à 1880, du *Bulletin hebdomadaire de l'Association des Ingénieurs Allemands*. Ces derniers renseignements se trouvent insérés aux *Annales de la Société des Ingénieurs civils de France*, année 1881. Le deuxième tableau contient les tarifs de péage actuellement en vigueur dans les bassins de Ruhrort.

TABLEAU N° 1.

NATURE DES MARCHANDISES.	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884
EXPORTATION.								
Charbon	1,300,000	1,403,000	1,422,000	1,610,061	1,655,018	1,590,008	1,902,638	1,925,903
Rails et fer divers	110,000	114,000	80,500	82,231	110,901	92,598	50,498	71,138
Autres marchandises	"	"	"	1,580	10,223	12,115	18,185	18,809
IMPORTATION.								
Fer brut	94,450	112,020	91,850	97,045	91,740	120,100	85,020	57,100
Minerai de fer	142,400	173,420	135,000	101,994	90,900	121,075	197,507	93,950
Grains	42,130	43,800	60,555	"	"	"	"	"
Autres marchandises	"	"	"	104,172	105,053	75,700	102,737	100,101
Charbon par chemin de fer	1,350,000	1,480,200	1,472,700	1,625,330	1,555,400	1,667,851	1,871,300	1,994,785
Id. par la Ruhr	12,100	5,908	90	"	"	"	"	"
Coke	"	"	"	2,231	1,510	820	210	1,810

TABLEAU N° 2.

Tarif des péages dans les bassins de la Ruhr.

CHARGEMENT DES BATEAUX EN TONNES DE 1.000 KILOGS.		DROITS PERÇUS.	
Depuis.	Jusqu'à.	Francs.	Centimes.
2	20	"	94
20	40	1	87
40	60	2	81
60	80	3	75
80	100	4	69
100	120	5	62
120	140	6	56
140	160	7	50
160	180	8	45
180	200	9	37
200	220	10	31
220	240	11	25
240	260	12	19
260	280	13	12
280	300	14	06
300	320	15	00
320	360	16	25
360	400	17	50
400	440	18	75
440	500	20	62
	au delà de 500	22	50

Bruxelles, le 7 janvier 1886.



DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

III. Machines a vapeur. — Surveillance des appareils des steamers naviguant sous pavillon belge. — Arrêté royal du 24 décembre 1884.

RAPPORT AU ROI.

Sire,

Les steamers naviguant sous pavillon belge doivent, à raison de leur nationalité, être soumis, en ce qui concerne leurs chaudières et machines à vapeur, au règlement de police promulgué par Votre arrêté du 28 mai 1884.

Au point de vue du régime de surveillance auquel ils sont astreints de par les lois et règlements maritimes, ils peuvent être classés en trois catégories :

1° Ceux du service de l'Etat et des lignes postales établies en vertu d'un contrat avec l'Etat ;

2° Ceux qui servent au transport des émigrants ;

3° Tous autres steamers.

Une dépêche de M. le Ministre des travaux publics en date du 12 août 1880, n° 769, attribue l'épreuve et la surveillance des appareils de la première catégorie aux fonctionnaires du service des constructions maritimes.

Soumis au régime de la loi du 14 décembre 1876 et à l'arrêté organique du 15 du même mois, les steamers de la deuxième catégorie sont l'objet de la surveillance exercée par une commission d'expertise nommée annuellement par le Ministre des affaires étrangères.

Les steamers de la troisième catégorie sont régis par l'art. 225 du Code de commerce (aujourd'hui art. 16 de la loi du 21 août 1879) et au

décret du 9-13 août 1791 : ils sont visés par des experts nommés annuellement par le tribunal de commerce.

L'inspection des appareils à vapeur des steamers des deux dernières catégories a donné lieu, en ces derniers temps, à des difficultés, entre les fonctionnaires de l'Administration des ponts et chaussées, qui en sont chargés, et quelques armateurs d'Anvers; ceux-ci prétendent que a surveillance maritime à laquelle leurs bâtiments sont soumis, les affranchit de l'inspection susdite, qui ferait double emploi avec la première.

Bien que la police des appareils à vapeur n'appartienne pas aux commissions nautiques, celles-ci étendent l'accomplissement de leur mission à des objets qui rentrent dans les attributions des fonctionnaires chargés de cette police.

De là, s'il n'y a pas entente, une répétition de formalités, qui peut être envisagée comme une entrave pour le commerce maritime et qui, pour certaines opérations, telles que l'épreuve périodique des chaudières à vapeur, présente même des inconvénients, quant à la bonne conservation de ces appareils.

Le projet d'arrêté que nous avons l'honneur de soumettre à la signature de Votre Majesté a pour but de mettre fin aux difficultés et aux inconvénients ci-dessus signalés.

En adjoignant, ainsi que nous avons l'honneur de le proposer à Votre Majesté, le fonctionnaire chargé de la surveillance des appareils à vapeur à la commission d'expertise pour les steamers servant au transport des émigrants, et aux experts désignés par le tribunal de commerce pour la visite des autres steamers, nous avons lieu d'espérer, Sire, que la surveillance régulière des appareils à vapeur de ces navires sera assurée, en évitant toutes entraves et tous inconvénients.

Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.

Le Ministre des affaires étrangères,
Prince DE CARAMAN.

Le Ministre de la justice,
J. DEVOLDER.

Le Ministre des chemins de fer,
postes et télégraphes,
J. VANDENPEEREBOOM.

LÉOPOLD II, Roi des Belges,

A tous présents et à venir, SALUT,

Vu l'art. 67 de la Constitution;

Vu l'art. 4 de Notre arrêté organique du 15 décembre 1876, pris en exécution de l'art. 4, § 10, de la loi du 14 du même mois, réglant le transport des émigrants;

Vu l'art. 16 de la loi du 21 août 1879;

Vu les art. 3, 12 et 13, titre III, du décret du 9-13 août 1791, sur la police de la navigation et des ports de commerce, publié en Belgique le 7 pluviôse an V et modifié par l'arrêté royal du 25 novembre 1851, relatif à la visite des navires de mer;

Vu Notre arrêté du 28 mai 1884, concernant l'emploi et la surveillance des chaudières et machines à vapeur;

Considérant que les steamers naviguant sous pavillon belge sont, à raison de leur nationalité, soumis, en ce qui concerne leurs chaudières et machines à vapeur, au règlement de police sur ces appareils;

Voulant éviter les inconvénients qui peuvent résulter de l'exercice distinct de la surveillance administrative des chaudières et des machines à vapeur, et du contrôle spécial auquel sont soumis les navires où ces appareils sont installés, du chef des prescriptions réglementaires susvisées;

Attendu qu'il convient de désigner, pour visiter les navires avant qu'ils prennent charge, un ingénieur en même temps qu'un ancien navigateur;

Sur la proposition de Nos Ministres de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics, des affaires étrangères, de la justice et des chemins de fer, postes et télégraphes,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Art. 1er. A la commission d'expertise chargée, aux termes de l'art. 4 de Notre arrêté du 15 décembre 1876 susvisé, de la visite des navires à vapeur destinés au transport des émigrants, sera adjoint, en qualité de membre, le fonctionnaire chargé, dans le ressort, de la surveillance des machines et chaudières à vapeur.

Art. 2. Les commissions nautiques nommées pour la visite des stea-

mers en application des art. 3 et 6 du décret susvisé du 9-13 août 1791, seront composées d'un ancien navigateur compétent, d'un ingénieur naval et du fonctionnaire chargé, dans le ressort, de la surveillance des chaudières et machines à vapeur.

Nos Ministres des affaires étrangères, de la justice, des chemins de fer, postes et télégraphes et de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 24 décembre 1884.

LÉOPOLD.

Par le Roi :
Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.

Le Ministre des affaires étrangères,
Prince DE CARAMAN.

Le Ministre de la justice,
J. DEVOLDER.

Le Ministre des chemins de fer,
postes et télégraphes,
J. VANDENPEEREBOOM.

IV. MACHINES A VAPEUR. — MISE EN USAGE. — CIRCULAIRE AUX INGÉNIEURS, CHEFS DE SERVICE DES APPAREILS A VAPEUR. (10 décembre 1885, n° 5952).

Aux termes de l'art. 48 de l'arrêté royal du 28 mai 1884 sur la police des appareils à vapeur, nulle chaudière ne p ut être mise en activité qu'après qu'il aura été constaté, par procès-verbal du fonctionnaire chargé de la surveillance, qu'elle satisfait en tous points aux prescriptions du règlement.

Lorsque l'acte ou l'arrêté d'autorisation délivré par l'administration communale prescrit des conditions spéciales, c'est à cette administration qu'il appartient, en principe, d'en poursuivre l'exécution.

Toutefois, comme il importe d'assurer au voisinage le bénéfice des

mesures prescrites pour le protéger, il convient que les fonctionnaires chargés de la surveillance des appareils à vapeur concourent à l'exécution de ces mesures.

A cet effet, je vous prie, Monsieur l'ingénieur , de veiller à ce que l'ampliation du procès-verbal prévu à l'art. 48 susdit ne soit délivrée que pour autant que les appareils soient installés conformément aux conditions spéciales qui seraient stipulées dans l'acte ou l'arrêté d'autorisation.

Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.

V. MACHINES A VAPEUR. — EMPLOI DES APPAREILS DITS « ECONOMISER ». — CIRCULAIRE A MM. LES INGÉNIEURS, CHEFS DE SERVICE DES APPAREILS A VAPEUR. (12 décembre 1885, n° 5714).

En ces derniers temps, mon département a été saisi de demandes tendantes à pouvoir mettre en service des appareils dits « economiser » des systèmes Green et Lowcock; ces appareils, qui sont destinés à chauffer l'eau d'alimentation au moyen du calorique que possèdent encore les gaz du foyer en quittant les carneaux des générateurs de vapeur, sont des récipients essentiellement constitués par des faisceaux de tubes en fonte de fer.

Aux termes de l'art. 33 de l'arrêté royal du 28 mai 1884, l'usage des métaux fondus est interdit dans la construction des chaudières à vapeur, sauf les exceptions qui sont spécifiées dans l'instruction ministérielle pour l'exécution du règlement et celles qui, en dehors de ces spécifications, seraient autorisées par le ministre.

En application de cette prescription et conformément à l'avis de la commission consultative des machines à vapeur, j'ai l'honneur de vous informer que j'autorise l'emploi des appareils « economiser » désignés ci-dessus, aux conditions suivantes, sans préjudice de celles dont l'expérience pourrait démontrer l'utilité :

1° Ils seront soumis, quant aux autorisations d'installation et de

mise en usage, ainsi qu'aux conditions d'emploi et de surveillance, au même régime que les générateurs;

2° Ils devront, dans les usines, être installés en dehors de lieux de passage habituel du personnel.

Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.

VI. Machines a vapeur. — Pourvoi. — Affichage. — Circulaire a MM. les gouverneurs, les bourgmestres et les ingénieurs, chefs du service des appareils a vapeur. (15 décembre 1885, n° 6023, Instruction n° 7).

L'art. 7 de l'arrêté royal du 28 mai 1884 relatif à la police des appareils à vapeur stipule que la décision du collège échevinal intervenue à la suite de réclamation contre une demande d'autorisation doit être affichée dans le plus bref délai possible, par les soins de l'administration communale.

Il a été demandé si cette formalité doit aussi être accomplie, pour ce qui concerne l'acte qui, aux termes de l'art. 5, vaut autorisation, en l'absence de réclamation.

Cette question doit être résolue négativement.

L'art. 8, qui ouvre le droit de recours aux intéressés, ne s'applique qu'aux décisions visées dans l'art. 7, l'autorisation résultant de l'acte donné en vertu de l'art. 5 étant définitive et non sujette à recours.

Il en résulte que l'affichage qui, dans le premier cas, est nécessaire tant pour informer les intéressés que pour fixer le point de départ du délai d'appel, n'a, dans le second cas, aucune raison d'être.

Le Ministre de l'agriculture,
de l'industrie et des travaux publics,
Chevalier DE MOREAU.

VII. Situation du corps des ponts et chaussées, du corps des ingénieurs des mines et du personnel technique des chemins de fer et des télégraphes de l'État.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.

Corps des ponts et chaussées. — Situation au 10 *avril* 1886

A. — Fonctionnaires en activité.

Directeur général.

1	Morelle (H.), O. ✠, ✠, C. ✠, commandeur avec plaque de l'ordre de François-Joseph.	1820	1800 29— 7—45	1800 7— 3—82

Administrateurs, Inspecteurs généraux.

1	Lamal (T.-J.), O. ✠, ✠, ✠	1822	3— 2—46	20— 4—82
2	Berger (L.-J.), O. ✠, ✠	1824	2— 4—49	26— 9—85

Ingénieurs en chef, Directeurs de 1re classe.

1	Stockman (H.-J.), O. ✠, ✠	1820	15—11—49	30— 6—82
2	Piens (E.), O. ✠, ✠, ✠	1824	30—10—51	30— 6—82
3	de Raeve (J.-F.), ✠, ✠	1826	27—10—52	30— 6—82
4	de Matthys (H.-R.-J.), O. ✠, ✠ chargé provisoirement des fonctions d'administrateur-inspecteur général.	1831	1— 3—55	30— 6—82
5	Derote (L.), O. ✠, ✠ 1re classe, ✠, chargé de la 4e direction à l'Administration centrale.	1837	28— 3—60	30— 6—82
6	Trouet (G.), ✠, ✠	1819	15— 7—42	24—12—85

Ingénieurs en chef, Directeurs de 2e classe.

1	De Bruyn (D.-J), ✠, ✠	1824	1—12—46	22— 8—79
2	Debeil (A.), ✠, ✠ 1re classe	1840	12— 8—64	19—11—79
3	Hans (M.-G.-J.), ✠, ✠	1839	12— 6—65	3— 3—80
4	Pirot, (L.), ✠.	1838	1— 8—65	25— 1—81

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service, 1800	DATES de la dernière promotion. 1800
5	Dufour (A.)	1838	20— 7—61	30— 6—82
6	Rycx (J.), ✠, chargé de la 2e direction à l'Administration centrale	1835	27— 8—62	30— 6—82
7	De Heem (C.-P.), ✠	1840	7—10—65	30— 6—82
8	Mailliet (T.-J -B.-V.), ✠	1840	27— 3—66	30— 6—82
9	Troost (P.-J.), ✠	1841	24—11—66	30— 6—82
	Ingénieurs principaux de 1re classe.			
1	De Munter (C.), ✠	1836	6— 7—60	7— 7—79
2	De Pauw (H.-J. G.), ✠	1842	24—11—66	31— 7—84
3	Lahaye (C.-F.-A.-N.-L.), ✠, détaché à l'Administration centrale	1843	24—11—66	31— 7—84
4	Fendius (E.), ✠	1841	2— 4—67	31— 7—84
5	Bovie (E.-J.-F.), ✠	1845	21—12—67	31— 7—84
6	Lagasse (C.-I.-J.)	1845	19— 9—68	24—12—85
7	Joniaux, (H.-A.)	1846	19— 9—68	24—12—85
	Ingénieurs principaux de 2e classe.			
1	De Groote (F.)	1843	14—10—68	30— 6—82
2	Dethieu (A.), détaché à l'Administration centrale, 4e direction	1844	27—10—68	30— 6—82
3	Blancquaert (D.-J.-B.-L.)	1845	24— 7—69	31— 7—84
4	Prisse (F.-B.-A.-P., baron), ✠	1846	24— 7—69	31— 7—84
5	Pierrot (J.-A.), ✠	1845	24— 7—69	24—12—85
6	De Mey (P.-C.)	1844	24— 7—69	24—12—85
7	Deschryver (F.) M. C.	1849	27— 8—71	24—12—85
	Ingénieurs de 1re classe.			
1	Dupont (F.-F.), adjoint	1818	9— 4—72	29— 3—74
2	Vanderlinden (J.-F.)	1849	9— 8—72	6—11—81
3	Belinne (C.-D.-G.)	1849	9— 8—72	6—11—81
4	Coster (W.), ✠	1822	31— 3—52	30— 6—82
5	Dufourny (A.), chevalier de l'ordre de Danebrog, détaché à l'Administration centrale, 2e direct.	1851	1— 7—74	30— 6—82

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
6	Watteeuw (E.-M.-F.)	1844	25— 7—73	30— 6—82
7	Genard (H.-E.)	1850	1— 7—74	30— 6—82
8	De Maesschalck (C.-G.-H.).	1850	1— 7—74	31— 7—84
9	Bourgoignie (L.), ✵ 1re classe	1850	1— 7—74	31—12—84
10	Van Gansberghe (J.-L.-N.).	1852	24— 8—75	30— 6—85
11	Desaunois (A.-P.-J-F.), detaché à l'Administration centrale, 1re direction	1853	24— 8—75	30— 6—85
12	Cornet (A.-F.-A.)	1851	27— 6—76	24—12—85
13	Thomas (P.-E.-E.)	1853	20— 2—77	24—12—85
14	Lambert (V.-T-J.)	1852	8—12—77	24—12—85
	Ingénieurs de 2e classe			
1	Grenier (L.-T.)	1855	20— 7—78	30— 6—81
2	Bauwens (O.-F.-D.)	1854	31—12—78	30— 6—81
3	Beyaert (J.-J.).	1854	31—12—78	30— 6—81
4	Dethy (X.-T.)	1855	21— 5—79	30— 6—82
5	Henricot (F.-P.-L.-J.)	1855	26— 7—79	30— 6—82
6	Tamine (R.-C.-G)	1856	28—10—79	30— 6—82
7	Lefebvre (E.-A.)	1856	28—10—79	30— 6—82
8	Walin (C.-E.).	1856	28—10—79	30— 6—82
9	Lemaire (E.-F.-C.)	1855	28—10—79	30— 6—82
10	Jacquemin (E.)	1854	28—10—79	30— 6—82
11	Prangey (M.-V.-J.)	1856	28—10—79	31—12—83
12	Leboucq (E.-C.-L.)	1856	28—10—79	31—12—83
13	Roufosse (H.-J.)	1855	26—11—79	31—12—83
14	Van Haute (G.)	1855	26—11—79	31—12—83
15	Marote (E.-J.).	1855	26—11—79	31— 7—84
16	Guiot (F.-J.)	1854	22— 1—80	31—12—84
17	de Somer (A.-A.)	1856	16—11—80	31—12—84
18	Gevaert (E)	1859	16—11—80	30— 6—85
19	Vandervin (H.-J.-G.-P.)	1856	16—11—80	24—12—85
20	Hainaut (E.-A.-R.-C.)	1857	16—11—80	24—12—85
21	Piret (C.-F.-J.)	1855	12— 1—81	24—12—85

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Ingénieurs de 3e classe.			
			1800	1800
1	Dehem (A.-A)	1859	29—10—81	30— 6—85
2	Macquet (G.-F.-G.-L.-M.)	1859	29—10—81	30— 6—85
3	Roba (A.-C.-J.)	1857	29—10—81	30— 6—85
4	Weyts (A.-H.).	1858	29—10—81	30— 6—85
5	Michez (H.)	1856	29—10—81	30— 6—85
6	Nyssens (J.-F.-G.), chev. de l'ordre de François-Joseph, chev. de l'ordre de la Couronne de Chêne, secrét. du cabinet de M. le Ministre de l'agric., de l'indust. et des travaux publics.	1859	18—12—81	30— 6—85
7	Chenu (V.-E.)	1858	18—12—82	30— 6—85
8	Bouckaert (D.-C.)	1861	18 12—82	30— 6—85
9	Cornu (L.)	1858	22— 1—83	30— 6—85
10	Zanen (F.)	1855	22— 1—83	30— 6 85
11	Herman (G.-J.-C), détaché à l'Administration centrale	1859	18—12—83	30— 6—85
12	Vander Schueren (P.-J)	1858	9— 6—84	30— 6—85
13	Froidure (E.-E.-J.-C.)	1861	24—12—84	30— 6—85
14	Piens (C. H.-E.).	1860	2— 2—85	30— 6—85
15	Biddaer (E.), détaché à l'Administration centrale	1861	26—11—85	26—11—85
16	Conard (J.-J.).	1861	26—11—85	26—11—85
17	Wolters (F.-M.-G.)	1861	26—11—85	26—11—85
	Conducteurs principaux de 1re classe.			
1	Descamps (A.), ✠, ✚	1815	1—10—35	30— 6—82
2	Renaud (H.-A.), ✠, ✚.	1814	12— 5—37	30— 6—82
3	Maertens (J.), ✱ 2e classe, ✱ 1re classe . .	1821	16— 5—62	30— 6—82
4	Gevaert (J.), ✠, ✚, ✱ 1re classe	1821	14— 5—44	30— 6—82
5	Rosseels (J.-L.-F.), ✠, ✱ 1re classe . . .	1824	29— 7—45	30— 6—83
6	Courtois (H.-N.), ✚.	1818	1— 5—27	30— 6—83
7	Lallement (R. E.), ✚	1818	10— 4—41	31—12—83
8	Hanus (F.), ✠, ✚	1821	24— 7—38	31—12—84
9	Baëtens (F.-J.-E.-C.), ✚	1821	1— 1—50	30— 6—85

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
10	Paheau (L.), ✠	1822	10— 3—46	30— 6—85
11	Dubois (F.-J.), ✠	1823	2 - 5—45	30— 6—85
12	Heymans (V.-J.), ✠.	1821	9— 5—42	24—12—85
	Conducteurs principaux de 2e classe.			
1	Seyler (F.-H.-E), ✠	1825	31— 3—52	19—11—79
2	Baurin (L.), ✠	1827	5— 5—51	13— 9- 80
3	Vandenabeele (V), ✠	1826	17— 5—53	13— 9—80
4	Richir (P.-J.). ✠.	1825	15— 6—56	13— 9—80
5	Goffinet (J.-O.), ✠	1837	14— 7—58	13 – 9—80
6	Poncelet (J.), ✠ 1re classe, détaché à l'Administration centrale, 4e directon	1839	20—12 - 59	14—11—80
7	Blonden (F.-F.), ✠.	1820	1— 1—40	15—12—81
8	Bekaert (F.-M.-P.), ✠.	1816	15— 3 - 42	30— 6—82
9	Leenaert (J.), ✠, ✱ 2e classe.	1824	12— 1—47	30— 6—82
10	Velghe J.-C.), ✠.	1831	8—11—53	30— 6—82
11	Vercammen (F.), ✠.	1833	7 - 6—55	31— 3 83
12	Cambier (L.), ✠	1830	6— 5—53	31—12—83
13	Backeljau (F-F.-M.), ✠ 1re classe, C. III. .	1840	12— 8 - 59	31—12—83
14	Burnotte (J.)	1840	7—11—61	31—12—83
15	Van Staen (E.)	1838	3—10—61	31—12—83
16	D'Anvers (G.-E.), ✠	1838	14— 7—58	31—12—84
17	Poncelet (P.-J.-L)	1837	15— 7—61	31—12—84
18	Longrée (M.), adjoint	1824	9— 4—73	31—12—84
19	Sancy (E.)	1844	30— 4—65	30— 6—85
20	Jegers (J.), ✠.	1820	14— 3—41	30 - 6—85
21	Deprume (O.)	1841	7—11—65	30— 6—85
	Conducteurs de 1re classe.			
1	Fanard (F.-J.-B.)	1843	7—11—65	20— 9—78
2	Waxweiler (A.-F.-L)	1844	20— 1—66	20— 9—78
3	Englebert (A.).	1841	20— 1—66	7— 7—79
4	Lanser (H.)	1845	24—11—66	12— 9—79

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	[illegible]
5	Nepper (E.-A.)	1845	24—11—66	12—11—[illegible]
6	De Vuyst (F.-X.-L.)	1847	21—12—67	19—11—[illegible]
7	Papier (J.)	1845	19— 2—68	19—11—[illegible]
8	Destrée (C.-J.)	1844	7— 8—68	13— 9—[illegible]
9	Wauthy (A.-G.)	1848	21—12—68	13— 9—[illegible]
10	Baey (J.-D.-B.)	1848	21—12—68	13— 9—[illegible]
11	Huybrigts (J.-F.)	1845	21—12—68	13— 9—[illegible]
12	Destoop (G.)	1850	22—12—69	13— 9—[illegible]
13	Page (J.-F.)	1847	21—12—68	19—11—[illegible]
14	Launoy (J.)	1848	17— 2—70	15— 2—[illegible]
15	Bonamis (F.)	1843	10— 3—70	15— 2—[illegible]
16	Hubaut (F.)	1843	29— 3—70	30— 6—[illegible]
17	Perleau (J.-J.)	1850	14—12—70	30— 6—[illegible]
18	Jacoby (G.-N.)	1847	14—12—70	30— 7—[illegible]
19	Lemaire (H.-E.)	1851	30—11—71	6—11—[illegible]
20	Gillet (C.-P.-J.)	1846	30—11—71	30— 6—[illegible]
21	Vanvinckenroye (P.-G.-M.)	1847	12— 9—71	30— 6—[illegible]
22	Goeders (J.-A.)	1848	30—11—71	30— 6—[illegible]
23	Panier (M.-L.)	1851	10—11—72	30— 6—[illegible]
24	Goeders (R.-V.)	1852	10—11—72	30— 6—[illegible]
25	Nepper (H.-J.)	1847	10—11—72	30— 6—[illegible]
26	Delcorde (C.-L.)	1851	6—12—73	30— 6—[illegible]
27	Colot (A.)	1850	11—11—73	30— 6—[illegible]
28	Bayard (L.-J.)	1851	11—11—73	30— 6—[illegible]
29	Piot (V.)	1848	25— 7—71	31— 3—[illegible]
30	Michel (F.-A.)	1850	6—12—73	31— 3—[illegible]
31	Aelbrecht (J.-F.)	1854	27—11—74	31—12—[illegible]
32	Duvigneaud (P.-E.)	1848	27—11—74	31—12—[illegible]
33	Thiry (B.-J.)	1855	27—11—74	31—12—[illegible]
34	Henry (L.-J.-M.)	1851	27—11—74	31—12—[illegible]
35	Gillard (J.-B.)	1847	27—11—74	31— 7—[illegible]
36	Ruyssen (A.-L.-M.)	1850	27—11—74	31— 7—[illegible]

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
37	Decroo (A.-A.)	1852	10—11—73	31—12 - 84
38	Goffinet (L.-J.)	1855	7— 4—76	31—12—84
39	Chleide (E.-J.)	1855	7— 4—76	31—12—84
40	Fouage (F.-J.)	1853	7— 4—76	30— 6—85
41	Mat (J.-B.)	1850	7— 4—76	30— 6 - 85
42	Carez (G.-F.)	1854	7— 4—76	30— 6—85
	Conducteurs de 2e classe.			
1	Lahy (J.-M.-J.)	1853	28— 5—76	12— 9 - 79
2	Delsaux (L.-A.-M.-T.)	1854	24— 7—76	19—11—79
3	Magonette (A.-J.-J.)	1850	10— 8—76	16— 7—81
4	Missotten (F.)	1858	28—10—76	19—11—79
5	Defrenne (J.-B.)	1855	28—10 - 76	19—11—79
6	Evrard (J.-B.)	1855	28—10—76	13— 9—80
7	Courtois (J.-A.)	1855	28—10—76	13— 9—80
8	Huyghe (D.-C.)	1854	28—11—76	13— 9—80
9	Jonckheere (P.-J.)	1857	8—12—77	13— 9 - 80
10	Théodor (J.-J.-C.)	1856	8—12 - 77	13— 9—80
11	Harroy (H.-D.)	1853	8—12—77	13— 9—80
12	Lesceux (E -N.)	1853	30— 1—77	19—11—80
13	Remy (A.-J.)	1853	8—12—77	15— 2—81
14	Lamy (J.-J.)	1856	13— 4—78	30— 6—81
15	Vande casteele (A.-J.)	1857	28 — 1—78	30— 6—81
16	Mascaux (A.-L.-J.)	1853	31— 1—78	30— 7—81
17	Diant C.-J.)	1854	15— 2—79	30— 6—82
18	Nève (A.-E.-J.)	1858	15— 2—79	30— 6 - 82
19	Vandenbossche (G.-J.-B.-F.)	1857	15— 2—79	30 — 6 - 82
20	Heuertz (N.-J.)	1856	8— 4—79	30— 6 - 82
21	Morel (A.-F.)	1858	29— 5—79	30— 6—82
22	Blaise (E.-D.-A.)	1856	3— 5—79	30— 6—82
23	Halet (M.-E.)	1857	11— 4—79	30— 6—82
24	Roels (F.-C.)	1854	4— 2—79	30— 6—82

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
25	Fenaux (V.-J.)	1857	11— 4—79	31— 3—83
26	Broens (F.-L.-S.)	1859	30—10—79	31— 3—83
27	Doutrelingne (J.-J.)	1858	30—10—79	31— 7—84
28	Wiemer (S.-A.-L.)	1859	26—11—79	31— 7—84
29	Goffinet (B.-J.-B.)	1858	26—11—79	31— 7—84
30	Binamé (L.-J.-C.)	1852	30—10—79	31— 7—84
31	Maréchal (E.-H.-J.)	1856	30—10—79	31— 7—84
32	Pierson (J.-J.)	1859	30—10—79	31— 7—84
33	Nicolay (N.-E.)	1853	30—10—79	31— 7—84
34	Vanderhaeghen (F.-F.)	1857	15—10—80	31— 7—84
35	Bodard (O.-J.)	1858	30—10—79	31—12—84
36	Renaud (J.)	1859	30—10—79	31—12—84
37	Dujardin (J.-N.-J.)	1857	26—11—79	31—12—84
38	Van Opdenbosch (C.)	1856	29— 5—79	30— 6—85
39	Claeysoone (E.-R.-V.-M.)	1858	13—12—79	30— 6—85
40	Mascaux (P.-A.)	1860	16—11—80	30— 6—85
	Conducteurs de 3e classe.			
1	Paschal (H.-F.)	1860	16—11—80	16—11—80
2	Clesse (E.)	1854	16—11—80	16—11—80
3	Moreaux (T.-J.-A.-H.)	1858	16—11—80	16—11—80
4	Ridremont (A.)	1858	16—11—80	16—11—80
5	Louis (E.-C.)	1859	16—11—80	16—11—80
6	Bouvart (J.)	1860	16—11—80	16—11—80
7	Goethals (E.-J.-F.)	1859	16—11—80	16—11—80
8	Roba (A.-L.-J.)	1855	31— 3—81	31— 3—81
9	L'enfant (A.-J.)	1859	9—11—81	28—11—81
10	Cristel (E.-J.)	1857	9—11—81	28—11—81
11	Collette (E.-J.)	1857	12—11—81	28—11—81
12	Bertrand (V.-J.-J.)	1861	12—11—81	28—11—81
13	Ficheroulle (A.-J.)	1859	28—11—81	28—11—81
14	Kenis (J.-L.)	1858	28—11—81	28—11—81

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
15	Ledoux (E -L.-J.)	1860	28—11—81	28—11—81
16	Jeanmart (H.-J.)	1859	28—11—81	28—11—81
17	Rabozée (A.-H.-J.)	1858	28—11—81	28—11—81
18	Ensch (M.).	1858	28—11—81	28—11—81
19	Passager (C.)	1861	28—11—81	28—11—81
20	Vanderhaegen (J.-I).	1860	28—11—81	28—11—81
21	Decae (A.-J.-M.).	1858	28—11—81	28—11—81
22	Dupont (L.-F.)	1861	18—12—82	18—12—82
23	Bouckaert (L.-E)	1863	18—12—82	18—12—82
24	Dhoossche (J.-J).	1863	23—10—83	18—12—83
25	Ligot (L.-E)	1863	18—12—83	18—12—83
26	Grandjean (E.)	1864	5— 3—84	22— 9—84
27	Mertens (R.)	1865	24—12—84	24—12—84
28	Hermal (J -J.).	1861	31— 3—85	20— 4—85
29	Bouillon (J.-P.-J.-A.)	1861	24— 6—85	28— 9—85
30	Balat (V.-E.-M.).	1861	30—10—85	26—11—85
31	Leplang (L.-A.)	1865	31—10—85	26—11—85
32	Ligot (B.-J.), détaché à l'Administration centrale, 2e direction	1860	14— 1—83	11— 2—86
	B. — Fonctionnaires en disponibilité.			
	Inspecteurs généraux.			
1	Wellens (F.), honoraire, G., O., ✠, ✠, C. C. III, 3e classe de l'Osmanié de Turquie, officier de la Couronne d'Italie, officier de l'Instruction publique de France	1812	11—12—30	16— 1—68
2	Boudin (E.-J.), O. ✠, ✠, inspecteur des études à l'Ecole du Génie civil.	1820	30— 7—43	31— 5—79
	Ingénieur en chef directeur de 1re classe.			
1	Wolters (G.-P.-L.-N.), O, ✠, ✠, professeur à l'Ecole du Génie civil	1831	19—11—55	8— 9—82
	Ingénieurs principaux de 2e classe.			
1	Kumps (G.-J.), ✠	1843	24—11—66	22— 6—78

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	180[illegible]
2	De Burlet (C.-G.-E.), ✠, directeur faisant fonctions de directeur-général de la Société de construction des chemins de fer vicinaux.	1846	14—12—70	24—12—85
3	Depermentier (L.-F.), répétiteur à l'Ecole du Génie civil	1848	27— 8—71	24—12—85
	Ingénieurs de 1re classe.			
1	Anten (P.-J.)	1852	18— 8—73	30 – 6–8[illegible]
2	Massau J.), professeur à l'Ecole du Génie civil.	1852	1— 7—74	31 – 7–8[illegible]
3	Aelbrecht (P.-E.-L.).	1852	13—11—76	24—12—85
4	Van Rysselberghe (J.-M.), chargé de cours et répétiteur à l'Ecole du Génie civil. . . .	1852	13—11—76	24—12—85
	Ingénieurs de 2e classe.			
1	Haerens (E.-P.-J.), répétiteur à l'Ecole du Génie civil	1859	29—10—81	24—12—85
2	Foulon (J.), idem.	1858	29—10—81	24—12—85
	Conducteurs principaux de 1re classe.			
1	Lallemand (J.-J.-V.), ✠, attaché à l'Ecole du Génie civil comme maître de topographie .	1823	1— 2—50	30— 6–85
	Conducteur principal de 2e classe.			
1	Cruls (P.-F.-A.). attaché à l'Ecole du Génie civil comme maître de topographie . . .	1840	27—11—60	31—12–8[illegible]
2	André (E.), détaché au Ministère de l'intérieur et de l'Instruction publique.	1842	16— 2—63	31–12–8[illegible]
	Conducteurs de 1re classe.			
1	Huet (H.-J.-C)	1824	14— 3—46	7— 7–7[illegible]
2	Toeffaert (D. M.), attaché à l'Ecole du Génie civil comme maitre de topographie . . .	1845	24—11—66	7— 7–7[illegible]
3	Simonis (J.-A -C), idem.	1846	19 – 2—68	19–11–7[illegible]
4	Van Hyfte (H.-J.), répétiteur à l'Ecole du Génie civil	1852	21—11—73	30 – 6–8[illegible]
	C. — Ingénieur en chef honoraire.			
1	Dauge (J.-F.), O. ✠, professeur à l'Ecole du Génie civil	1829	27—10—52	8— 4–5[illegible]

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	***Corps des ingénieurs des mines. — Situation au* 15 *avril* 1886.**			
	Section d'activité.			
	Directeur général.			
1	Van Scherpenzeel Thim (J.), O. ✠, ✣ 1re cl.	1822	1800 21— 3—42	1800 2—12—83
	Directeurs divisionnaires.			
1	Arnould (G.), ✠, M. C. 1re classe	1828	22— 5—52	2— 2—86
2	Timmerhans (L.), ✠, ✣ 1re cl., M. C. 1re cl.	1832	1—12—54	2— 4—86
	Ingénieurs en chef, Directeurs d'arrondissement.			
1	De Simony (H.), ✠, ✣ 1re classe.	1821	21— 3—42	29— 3—84
2	Depoitier (E.), ✠, ✣ 2e cl., M. C 1re cl. . .	1832	21 — 3—58	29 — 3—84
3	Jottrand (A), (1) ✠, M. C. 1re classe . . .	1826	4—10—50	29 — 3—84
»	Harzé (E.) (2), ✠, ✣ 1re classe, commandeur de l'ordre de N.-D. de la Conception de Villa-Viçosa	1835	10—11—58	2—12—84
4	Malherbe (R.), ✠, M. C. 1re classe	1835	23—11—59	2— 2—86
5	De Jaer (E.), ✠, M. C. 1re classe	1837	9—11—60	2— 4—86
6	Firket (A.), ✠, ✣ M. C. 1re classe	1837	10— 2—61	15— 4—86
	Ingénieurs principaux de 1re classe.			
1	De Jaer (J.), ✠	1838	10— 7—61	3— 8—85
2	Smeysters (J.), ✠, ✣ 2e classe	1837	6— 8—62	2— 2—86
3	Willem (L.), ✠, ✣ 2e classe	1842	22— 2—65	2— 4—86
4	Schorn (G.) (3), ✠, ✣ 2e classe	1841	30— 8—65	15— 4—86
	Ingénieurs principaux de 2e classe.			
1	Malisoux (E.), ✣ 2e classe	1842	16—11—66	3— 8—85
2	Orman (E.).	1843	26— 8—67	3— 8—85
»	Witmeur (H.) (4), ✣.	1843	21—12—67	3— 8—85

1) Est resté dans la Section de disponibilité pendant 7 années.
2) Directeur à l'Administration centrale.
3) Détaché provisoirement pour les recherches sur le grisou.
4) Attaché à l'Administration centrale.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
»	Alvin (L.) (1), ✠, ✠, chevalier de l'ordre de la Couronne de Chêne *	1845	24— 7—69	3— 8—85
3	Fineuse (E.)	1844	14—12—69	2— 2—86
4	Roberti-Lintermans (F.)	1847	12— 6—71	2— 4—86
	Ingénieurs de 1re classe.			
1	*Dejardin (L.), ✠ 2e classe	1849	24—11—71	22—12—84
2	*Hubert (H.)	1849	31—10—72	6— 3—85
3	*Faly (2) (J.)	1847	31—10—72	25— 5—85
»	*Banneux (Ph.)	1849	5—12—73	25— 5—85
4	*Desvachez (J.)	1847	5—12—73	28— 6—85
5	*Minsier (C.)	1847	11—12—73	29— 3—84
6	Libert (J.)	1853	21—11—74	2—12—84
7	Watteyne (J.)	1850	21—11—74	14—12—84
8	Marcette (A)	1850	21—11—74	3— 8—85
9	Halkin (E.), ✠ 2e classe	1852	16—11—75	2— 2—86
10	Jacquet (J.), ✠	1852	29— 1—76	2— 4—86
	Ingénieurs de 2e classe.			
1	*Macquet (A.)	1853	29—11—76	27— 6—83
2	*Julin (J.)	1853	15—12—76	11— 7—84
3	*Delacuvellerie (L.), ✠ 2e classe	1852	28— 6—77	11— 7—84
4	*Ledent (A.)	1855	5— 9—79	10—12—84
5	Beaupain (J.-B.)	1857	31— 1—81	2—12—84
6	Lechat (V.)	1858	18—11—81	10—12—84
7	Bochkoltz (G.)	1859	18—11—81	14—12—84
8	Demaret (J.)	1857	18—11—81	3— 8—85
9	Larmoyeux (E.)	1859	18—11—81	2— 2—86
10	Pepin (A.)	1861	24—11—82	2— 4—86

* Les fonctionnaires dont les noms sont précédés d'un astérisque jouissent du maximum de traitement attaché à leur grade.

(1) Détaché à l'Administration centrale.

(2) Détaché au service spécial de la carte générale des mines et chargé des fonctions d'ingénieur-principal en service ordinaire.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Ingénieurs de 3e classe.			
			1800	1800
»	*Ledouble (O.) (1)	1860	24—11—82	24—11—84
1	*Stassart (S.)	1858	20— 4—83	25— 4—85
2	*Namur (L.)	1859	21— 7—83	23— 7—85
3	*Plumier (C.)	1863	12—12—83	18—12—85
4	Masson (E.)	1862	25—10—84	— —
5	Demeure (A.)	1862	25—10—84	— —
6	Braive (E.)	1860	14—12—84	— —
7	Demaret (L.)	1859	28— 9—85	— —
8	Jottrand (F.)	1863	3—11—85	— —
9	Hubar (P.)	1862	2— 2—86	— —
10	Daubresse (G.)	1862	2— 4—82	— —
	Section de disponibilité.			
	Ingénieurs principaux.			
1	Chaudron (J.), C. ✠, ✠	1822	30— 4—43	7— 2—76
2	Guchez (F.) (2), ✠	1838	12— 4—64	29— 3—86
	Ingénieurs de 1re classe.			
1	Van Scherpenzeel Thim (L.) (3)	1850	3— 6—75	2— 2—86
	Ingénieurs de 3e classe.			Date de la mise en disponibilité.
1	Dumont (G.), ✠	1821	23— 8—46	25— 3—60
2	De Vaux (A.)	1821	9— 7—47	6— 7—52
3	Godin (A.)	1816	4—11—39	1—10—55
4	Lambert (G.), ✠	1818	6—11—39	20— 1—55
5	Castelain (L.)	1818	4—11—39	4—12—43
6	Sadin (A.)	1815	4—11—39	18— 5—49
7	Ziane (Th.), O. ✠	1815	10— 8—50	8—11—53

Les fonctionnaires dont les noms sont précédés d'un astérisque jouissent du maximum du itement attaché à leur grade.

(1) Détaché au service spécial de la carte générale des mines.

(2) Inspecteur des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

(3) Consul général de Belgique à Moscou.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES	
			de l'entrée au service.	de la dernière promotion.

Personnel technique des chemins de fer et des télégraphes de l'Etat. — Situation au 10 avril 1886.

Administrateurs.

			1800	1800
1	Belpaire (A.-J.), G. O. ✠, ✛, C. ✱, O. C. C., Ste-A. 2e classe	1820	14— 5—41	27—11—77
2	Thiriar (D.-A.-J.), O. ✠, ✛	1824	26 -10—54	6—10—81
3	Dubois (A.-A.-L.), O ✠, O. ✱, C. F. J., C. I. C. (P.), C. C. C., C. T., C. F. 3e classe.	1838	15—10—60	6—10—81

Inspecteurs généraux.

1	Schaar (E.-E.-A.), O. ✠, ✛, ✱.	1834	5—11—57	31—12—80
2	Dutillœul (O.-P.-J.), O. ✠, ✛, F. J., C. F. 3e classe	1824	4—11—58	6—10—81
3	Vogelaere (P.), O. ✠, ✛, C. R. 4e classe . .	1831	6— 4—59	10— 6—82

Directeurs d'administration (au maximum).

1	Ramaeckers (C.H.-B.), O. ✠.	1840	30— 8—61	3—10—81
2	Blancquaert (J.-P.-F.), O. ✠.	1838	24—10—63	30— 6—85

Directeurs d'administration (au minimum).

1	Gondry (H.-E.), O ✠, O. ✱, C. T., O. C. C.	1845	16—12—66	6—10—81
2	Goffin (F.-E.), ✠	1840	15— 2—62	25— 9—85

Directeurs de service (D) *et Ingénieurs en chef* (A) *ou principaux* (B) *Inspecteurs de direction* (au maximum).

1	Bika (L.-J.), (B) ✠, ✛	1836	9— 6—58	30— 6—81
2	Bemelmans (E.F.), (A) ✠, C.-R. 4e classe, Ste-A. 3e classe	1838	18— 9 - 61	31—12—83
3	Hubert (E.) (A) ✠, ✱, C. R. 4e classe . . .	1840	20—10—64	31 - 12—83
4	Docteur (F.-E.), (D) ✠	1838	20—10—64	31—12—83
5	Steinmetz (A.-M.-A.), (D) ✠	1838	6— 2—62	30— 6—85
6	Courtin (A.-J.), (D) ✠	1840	6— 5—65	31—12—85

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Directeurs de service (D) *et Ingénieurs en chef* (A) *ou principaux* (B) *Inspecteurs de direction* (au minimum).			
			1800	1800
1	De Paepe (A.-A.-G.), (D) ✠, O. C. C. . . .	1836	30—7—64	30—4—84
2	Bollis (C.-V.-L.), (D) ✠.	1843	27—9—65	31—12—85
3	Van Mierlo (C.-H.), (D) ✠	1844	28—12—65	31—12—85
	Ingénieurs en chef (A) *ou Ingénieurs principaux* (B) *de 1re classe* (au maximum).			
1	Masui (L.-R.), (A) ✠.	1837	24—12—70	31—12—85
	Ingénieurs en chef (A) *ou Ingénieurs principaux* (B) *de 1re classe* (au minimum).			
1	Bertrand (R.-A.-C.), (A) ✠.	1842	10—9—66	30—4—84
2	Picard (L.-A.-G.), (A) ✠	1841	24—2—66	31—12—84
3	Massange (M.-F.-A.-L.), (A) ✠, C. C. . .	1846	31—1—71	15—1—85
4	Ghilain (P.-N.), (A) ✠	1848	10—12—70	30—6—85
5	Sarton (A.-A.-M.-J.), (A) ✠	1845	28—11—70	30—6—85
6	Wurth (J.-F.-X.), (B) ✠.	1834	1—1—73	30—6—85
	Ingénieurs en chef (A) *ou Ingénieurs principaux* (B) *de 2e classe* (au maximum).			
1	Bury (M.-A.-J.), (A)	1846	31—1—71	15—1—85
2	Mathieu (E.-J.), (A)	1847	14—9—71	30—6—85
3	Bozet (L.-E.-J.), (A)	1818	14—9—71	30—6—85
4	De Rudder (E.), (A) C. C.	1847	14—9—71	30—6—85
5	Vankerkhoven (H.-F.E.), (A)	1846	20—8—72	30—6—85
6	Claes (A.), (A)	1845	28—7—71	31—12—85
	Ingénieurs en chef (A) *ou Ingénieurs principaux* (B) *de 2e classe* (au minimum).			
1	Lambert (C.-G.-F.), (A)	1848	20—8—72	31—12—83
2	Flamme (J.-B.-M.-J.-C.), (A)	1847	16—3—72	30—4—84
3	Dejaer (J.-E.-J.-L.), (A) ✠	1843	21—2—71	30—4—84
	Ingénieurs de 1re classe chefs de service (au maximum).			
1	Tondelier (C.-F.-V.)	1851	25—7—73	30—4—84
2	Dutrieux (H.-E.-P.)	1850	25—7—73	30—6—85

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Ingénieurs de 1re classe (au maximum).			
			1800	1800
1	Maréchal (A.-J.-G.)	1846	24—12—70	30— 6—81
2	De Busschere (L.-A.-T.)	1847	20— 8—72	31—12—83
3	De Bernard de Fauconval (L.-E.-M.-G.) . .	1844	27— 5 - 69	31 — 12—84
4	Boty (A.)	1844	31— 3—72	31—12—84
	Ingénieurs de 1re classe (au médium).			
1	Corteil (M).	1846	28— 1—73	15— 1—83
2	Gérard (E.-A.-J.).	1848	14— 8—73	30— 6—83
3	Weens (J.-J.)	1845	26—12—70	30— 6—83
4	Courtois (J.-A.)	1846	30— 6—72	30— 6—83
5	Lechien (A)	1849	17— 7—72	30-- 6 - 83
6	Levarlet (C -N.-J.), (1)	1841	21— 2—70	31—12—83
7	Leblanc (F.-A.)	1842	10— 2—73	30— 4—84
8	Hodeige (M.-T.-A.)	1850	30—11—73	30— 4—84
9	Degraux (J.-A.-C.), ❋	1850	30—11—73	30— 4—84
10	Muls (L -D.-A.), (1)	1844	16— 3—73	31 —12 - 84
11	Dery (J.-E.), ❋	1851	30—11—73	31—12—84
12	Motte (A)	1851	1— 7—74	31—12 - 85
	Ingénieurs de 1re classe (au minimum).			
1	Robinson (D -L.)	1849	21—11—74	31 — 12 —82
2	Isbecque (A.-P.-B.-G.)	1846	19.— 6—73	31—12—82
3	Lhoest (G.-A.).	1849	21—11—74	30— 6—83
4	Laguesse (C.-V.)	1851	16—11—75	31—12—83
5	Thirionet (L.-F.-J.)	1849	16—11—75	30— 4—84
6	Baudart (F.-E.-E)	1850	16—11—75	31—12—84
7	Vanpeteghem (F.-J.), D. C.	1853	16—11—75	31—12—84
8	Wellens (C.-F.-J.)	1850	16—11—75	31—12—84
9	Flamache (A.-L.).	1854	30 - 6—76	31—12—84
10	Loizelier (L.-J)	1844	30 9—71	14— 4 - 85
11	Janvier (H.-C.-J).	1844	3— 7—67	30— 6- 85
12	Depuydt (H.)	1851	14— 2—77	31—12—85

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Ingénieurs de 2e classe (au maximum).			
			1800	1800
1	Becquevort (E.-O.)	1851	14— 2—77	30— 6—83
2	Motte (L.-E.)	1853	28— 2—78	30 – 6—83
3	Hermans (J.-B.-F.)	1851	30— 6—78	30— 6—83
4	Bruneel (F.-A.-F.)	1855	30— 6—78	30— 6—83
5	D'Or (F.) (1)	1848	15 – 3—72	1—11—83
6	Jacquet (E.-G.-J.)	1854	7—10—78	31—12—83
7	Ryziger (C.)	1854	31—10—78	31—12—83
8	Corteil (C.-M.-H.)	1855	10— 2—79	30— 4—84
9	De Rechter (F.)	1856	4— 3—79	30 – 4—84
10	Tihange (L.-L.-E.)	1855	26—12—78	30— 4—84
11	Braet (G.-M.-B.), C. Rie	1855	25— 3—79	30— 4—84
12	Fagnart (C.-A.-J.)	1856	25— 3—79	30— 4—84
13	Van Bogaert (R.-C.-M.)	1856	5— 4—79	30— 4—84
14	Francken (E.)	1855	6— 5—79	30— 4—84
15	Wittebroodt (L.-D.-C.-A.)	1853	12— 5—79	30— 4—84
16	Thiery (M.-C.)	1853	12— 5—79	30— 4—84
17	Charles (N.-L.-E.)	1854	15— 7—79	31—12—84
18	Heymans (J.-F.)	1852	15— 7—79	31—12—84
19	Gilbert (V.P.-F.-L.)	1858	18— 8—79	31—12—84
20	Houbotte (L.-C.-S.)	1852	18— 8—79	31—12—84
21	Serruys (J.-P.-C.-M.)	1852	18— 8—79	31—12—85
	Ingénieurs de 2e classe (au minimum).			
1	Wolff (C.-J.)	1855	18— 8—79	30— 6—82
2	Huet (O.-D.)	1852	9— 9—79	30— 6—82
3	Slaghmuylder (C.)	1854	22— 1—80	30— 6—82
4	Breda (L.-J.)	1857	27— 1—80	30— 6—82
5	Dewandre (F.-A.-J.)	1856	14— 2—80	31—12—83
6	Vander Rydt (H.)	1857	6— 3—80	31—12—83
7	Dassesse (C.-A.-L.-M.)	1855	6— 6—80	31—12—83

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
8	Godfroid (V.)	1855	6— 6—80	31—12—83
9	Bastin (C.-A.-J.)	1856	6— 6—80	31—12—83
10	Hardenpont (C.-F.-J.)	1855	6— 6—80	31—12—83
11	Verlinden (J.-C.-A.)	1855	6— 6—80	31—12—83
12	Dejaer (J.-E.-T.)	1855	30— 6—80	31—12—83
13	Vanden Bogaerde (H.-J.-A.-M.)	1857	16—11—80	31—12—83
14	Denys (L.-A.)	1857	16—11—80	31—12—83
15	Kin (E.-M.)	1856	16—11—80	31—12—83
16	Chalant (J.-A.-P.-J.)	1857	7— 2—81	31—12—84
17	Gillot (J.)	1857	15— 3—81	31—12—84
	Ingénieurs de 3e classe (au maximum).			
1	Janssen (H.-G.-E.)	1857	25— 1—81	30— 6—82
2	Valcke (J.-B.-A.) (1)	1858	15— 3—81	30— 6—82
3	Doyen (J.-J.)	1855	15— 3—81	30— 6—82
4	Pinsmaille (A.-L.-H.)	1855	15— 3—81	30— 6—82
5	Lonneux (N.-F.)	1857	23— 7—81	30— 6—83
6	de Schrynmakers (L.-L.-G.)	1856	23— 7—81	30— 6—83
	Ingénieurs de 3e classe (au minimum).			
1	Leblan (A.-F.)	1855	29—10—81	29—10—81
2	Van den Bogaerde (J.-P.-H.)	1857	29—10—81	29—10—81
3	Laduron (F.-P.-A.)	1858	12— 1—82	12— 1—82
4	Dupuis (E.)	1856	12— 1—82	12— 1—82
5	Schindeler (E.-M.-J.-H.-L.)	1855	12— 1—82	12— 1—82
	Chefs de section principaux (au maximum).			
1	Fouquet (H.-J.), ✠, ✠ (2)	1825	10— 1—41	30— 6—85
2	Coisne (C.-L.-J.), ✠, ✠, D. C.	1832	1— 7—56	31—12—81
3	Losseau (E.), ✠	1838	31—12—60	31—12—81
4	Deisser (G.-S.), ✠, ✠	1826	28— 2—82	28— 2—83

(1) En congé.
(2) Architecte principal à titre personnel.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉES de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
5	Smith (H.), ✠.	1830	1— 1—73	30— 4—84
6	Dekinder (H.-J.), ✵, ✠	1828	30— 6—56	30— 4—84
7	Basse (A.-L.-E.)	1838	31— 7—60	30— 4—84
	Chefs de section principaux (au minimum).			
1	Vandenbogaerde (A.-A.)	1839	7— 6—62	31—12—81
2	Chaumont (J.-J.-A.).	1840	28—11—59	31—12—81
3	Barnard (V.)	1819	1— 1—73	31—12—81
4	Deghilage (L.).	1838	24—12—70	31—12—81
5	De Blieck (G.-F.), ✠ (1)	1836	15— 4—61	31—12—82
6	Gaffé (C.-E.), ✠	1836	1— 1—73	30— 4—84
7	Collin (J.)	1842	16— 2—64	30— 4—84
8	Goffinet (H.-A.)	1842	31— 7—63	30— 4—84
	Chefs de section de 1re classe (au maximum).			
1	Brouet (J.-L.).	1843	18— 1—66	31—12—81
2	Cambrelin (C.).	1826	24—12—70	30— 6—82
3	Nicolas (F.-J.).	1839	28— 2—65	30— 6—82
4	Backeljau (T.), (2)	1843	16— 2—65	30— 6—82
5	Gorissen (E.-G.-J.), ✠	1839	28—11—58	30— 6—82
6	Orban (M.-H.-E.).	1839	20— 6—66	30— 6—82
7	Kholer (J.-J.-A.)	1843	26— 6—66	30— 6—82
8	Moyson (O.-P.-C.) (2)	1840	18— 4—63	30— 6—82
9	Stevens (J.-J.) (2)	1825	1— 2—58	31—12—82
10	Paschal (J.-J.).	1841	9— 1—63	31—12—82
11	Van Noorbeeck (E.-L.-L.), ✠.	1826	1— 6—60	30— 4—84
12	Maertens (J.-B.) (2)	1830	1— 2—54	30— 4—84
13	Clavel (L.-N.-A.).	1834	15— 3—81	30— 4—84
14	Haversin (A.-J.)	1844	28— 2—65	30— 4—84
15	Servranckx (L.-J.-H.)	1844	24—12—70	30— 4—84
16	Delchambre (J.)	1816	24—12—70	30— 4—84

(1) Architecte à titre personnel.
(2) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Chefs de section de 1re classe (au minimum).			
			1800	1800
1	Barnard (A.-J.)	1843	30—11—74	31—12 81
2	Léonard (P.)	1841	28— 2—66	31—12—81
3	Wisselez (J.-T.-J.)	1838	31— 3—61	31—12—81
4	Jacquemin (F.-J.)	1846	31—12—67	31—12—81
5	Defyn (J.)	1843	18—12—66	31—12—81
6	Spanoghe (A.-F.-M.)	1842	20— 6—67	31—12—81
7	Dewit (C.-C.)	1845	20— 6—67	31—12—81
8	Staelens (J.-A.)	1848	31—12—67	31—12—81
9	Bonet (J.-J.-L.)	1820	1— 4—52	30— 6—82
10	Seulen (F.-J.)	1845	29—12—68	31—12—82
11	Carlier (A.-A.) (1)	1842	24— 9—72	30— 3—83
12	Aelbrecht (C.-L.)	1848	29—12—68	30— 4—84
13	Hurion (A.)	1837	24—12—70	30— 4—84
14	Navez (A.-M.) (1)	1836	16— 4—64	30— 4—84
15	Cornez (A.-S.)	1846	24—12—70	30— 4—84
16	Heyse (G.)	1846	30—11—69	30— 4—84
	Chefs de section de 2e classe.			
1	Vanden Abeele (L.)	1849	12— 3—70	31—12—81
2	Demey (G.)	1847	15—11—70	31—12—81
3	Robinet (H.-J.)	1848	15—12—70	31—12—81
4	Cambier (L.-C.-H.)	1842	14—12—66	31—12—81
5	André (A.)	1848	15—12—70	31—12—81
6	Stasino (P.)	1849	15—12—70	31—12—82
7	André (L.-F.-J.)	1849	15—12—70	30— 4—84
8	Roffiaen (E.-D.-A.)	1850	15—12—70	30— 4—84
9	Grange (J.-F.-C.)	1845	9— 6—69	30— 4—84
10	Henrion (H.-I.)	1845	15—12—70	30— 4—84
11	Kneip (J.-N.)	1846	31— 7—70	30— 4—84
12	Boset (L.-S.-A.)	1851	15—12—70	30— 4—84

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
13	Smagghe (J.-B.-E.-A.)	1849	15—12—70	30— 4—84
14	Dallemagne (F.-J.-M.)	1849	31— 1—73	31—12—84
	Sous-chefs de section de 1re classe (au maximum).			
1	Viroux (L.)	1846	31— 1—71	31—12—81
2	Ridremont (J.)	1848	15—12—70	31—12—81
3	Knepper (N.)	1850	18—12—71	31—12—81
4	Delhalle (J.-T.)	1851	18—12—71	31—12—81
5	Martin (A.-J.-E.), ✠	1834	1— 1—73	31—12—81
6	Wilwerth (J.-P.)	1843	1— 1—73	31—12—81
7	Houssa (O.-F.-J.)	1842	1— 1—73	31—12—81
8	Baudart (A.)	1849	18—12—71	31—12—81
9	Jacquemin (E.-B.)	1850	18—12—71	31—12—81
10	De Flines (P.-J.-E.)	1848	18—12—71	31—12—81
11	Lehoucke (M.-N.)	1849	18—12—71	31—12—81
12	Guriokx (J.-B.-G.)	1842	13— 8—69	31—12—81
13	Mascaux (P.-J.)	1848	12— 2—72	31—12—81
14	Camus (J.-J.)	1850	12— 2—72	31—12—81
15	Thibesart (L.-J.)	1851	3— 9—70	31—12—81
16	Dejardin (F.-A.) (1)	1848	30—11—72	31—12—81
17	Burton (F.-A.)	1848	16—12—72	31—12—81
18	Antoine (L.-J.)	1843	16—12—72	31—12—81
19	Bernard (J.-E.)	1850	16—12—72	30— 6—82
20	Remans (N.-A.)	1846	12— 2—72	30— 4—84
21	Goethals (E.-A.-G.)	1849	12— 3—73	30— 4—84
22	Van Engelen (J.-J.-L.)	1842	14—10—71	30— 4—84
23	Poncelet (A.-I.)	1850	20— 3—73	30— 4—84
24	Otten (P.-J.)	1851	25— 3—73	30— 4—84
25	Tournay (J.-F.)	1848	3— 3—70	30— 4—84
26	Plateau (E.-E.-F.)	1848	19— 6—73	30— 4—84
27	Leloir (E.-J.-B.)	1848	24— 6—73	30— 4—84

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
28	Dasse (P -J.)	1847	30— 7—73	30— 4—84
29	Compyn (P -C.-J.)	1850	21—11—73	30— 4—84
30	Remy (F.-J.)	1847	21—11—73	30— 4—84
31	Quenon (A.)	1848	1— 1—78	30— 4—84
32	Moreau (E.-J.-A.)	1835	1— 1—78	30— 6—85
33	Helin (E.-J.-B.-G)	1853	21—11—73	17—10—85
	Sous-chefs de section de 1re classe (au minimum).			
1	Boon (C. G.), ✠	1821	1— 1—73	31—12—73
2	De Jonge (C.-P.-A.)	1848	7— 1—71	30— 6—81
3	Robert (E.-J.)	1844	1— 1—73	30— 6—81
4	Rolland (C.-J.)	1847	28— 1—74	31—12—81
5	Chenot (G.)	1853	14— 6—75	31—12—81
6	Deschamps (A.-H.-J.)	1847	1— 7—73	31—12—81
7	Jacoby (J.-B)	1853	8— 5—76	31—12—81
8	Moulin (N.-J.)	1854	8— 3—76	31—12—81
9	Préat (L.)	1853	22— 6—76	31—12—81
10	Devos (E.-H.-H.)	1853	20—12—70	31—12—81
11	Courtois (C.)	1853	10—10—76	31—12—81
12	Jaumain (F.-J.-A.)	1853	8— 3—77	31—12—81
13	Préat (E -F.-J)	1855	8— 3—77	31—12—81
14	Simon (P)	1856	8— 3—77	31—12—81
15	Puissant (J.-J.-A.)	1854	16— 8—76	31—12—81
16	Haversin (A -J.A.)	1851	26—10—76	31—12—81
17	Deisser (M -J.-L.)	1857	24— 4—80	30— 6 82
18	Petit (L.-J.) (1)	1851	10— 1—78	30— 6—82
19	Legros (H.-J.)	1852	30— 4—78	30— 6—82
20	Fouage (E)	1856	9— 7—78	31—12—82
21	Delanote (D -A.-M)	1856	20— 8 78	31—12—82
22	Bevel (M -T.)	1852	7—10—78	31—12—82
23	Stainforth (G.-L)	1854	23—10—75	31—12—82

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES	
			de l'entrée au service.	de la dernière promotion.
			1800	1800
24	Nagant (M.-J.)	1853	27— 7—76	31—12—82
25	Burck (A.-A.)	1858	5— 4—79	30— 4—84
26	Kneip (H.-A.)	1856	5— 4—79	31—12—84
27	De Bock (E.)	1854	5— 4—79	30— 6—85
28	Trigalet (J.-G.)	1852	17— 5—79	30— 6—85
29	Mascaux (R.-F.)	1857	17— 5—79	30— 6—85
30	Delulle (G.-L.)	1854	17— 5—79	31—12—85
31	Gabriels (E.-C.-G.) (1)	1858	26— 5—79	30— 6—81
32	Degraer (A.) (1)	1852	29— 7—76	30— 6—81
33	Werotte (E.-N.-J.) (1)	1851	20— 3—79	30— 9—81
34	Vercheval (F.-D.) (1)	1855	19— 5—79	30— 9—81
35	Marinus (G.-A.-G.) (1) (2)	1853	27— 7—79	30— 9—81
	Sous-chefs de section de 2e classe (au maximum).			
1	Siméon (L.)	1850	30— 4—78	31—12—81
2	Tellier (L.-J.)	1854	13—12—79	31—12—81
3	Dandoy (J.-J.-A.)	1859	13—12—79	31—12—81
4	Simon (A.)	1853	2— 7—77	31—12—81
5	Bourgeois (C.-M.-A.)	1854	30— 1—80	31— 1—82
6	Bomblet (A.-L.-J.)	1857	3— 3—80	30— 6—82
7	Lecomte (C.-E.)	1856	1— 9—79	30— 6—82
8	Paulissen (E.-M.-G.)	1854	28— 2—80	30— 6—82
9	Piret (F.-A.-E.-G.)	1855	4— 6—80	30— 6—82
10	Hallez (E.-E.-J.)	1858	30— 5—79	31—12—82
11	Destrée (C.-J.)	1855	12— 9—80	31—12—82
12	Canart (V.-J.)	1852	12— 9—80	31—12—82
13	Simon (J.-A.-C.)	1853	13— 9—80	31—12—82
14	Dormal (E.-H.-J.)	1853	14— 7—80	31—12—82
15	Goffin (L.-P.)	1861	28—10—80	31—12—82
16	Heyman (A.)	1858	2—12—80	30— 4—84

(1) Jouit transitoirement du traitement de 2,300 francs

(2) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
17	Perleau (E.)	1858	2 -12 - 80	30 — 4—84
18	Salpétrier (E.-H.)	1859	2—12 - 80	30 — 4 - 84
19	Robinet (A.-J -E.)	1858	22 -12—80	30 — 4—84
20	Biard (E -A.)	1857	29—12—80	31—12—84
21	Ruwet (F.-H.-M.)	1856	29—12—80	31 —12—84
22	Théodor (G.-C.)	1858	29—12—80	30 — 6 — 85
23	Laguesse (V.-J.-E.-J.)	1858	4 — 1 - 81	30— 6—85
24	Burton (A.-J).	1854	18— 2 - 81	30 — 6—85
25	Arnould (L.-J.-S.) (1)	1853	21— 3 - 81	31—12—85
26	Regniers (F.)	1858	29— 3—81	31—12—85
27	De Smet (J.-B.)	1854	30— 4—81	31—12—85
	Sous-chefs de section de 2e classe (au minimum).			
1	Broddin (E.-J.)	1858	20— 4—81	20 — 4—81
2	Heymans (J.-J.)	1851	18— 5 - 81	18— 5—81
3	Stievenart (V.-E.-A)	1857	21—11 - 80	31— 5—81
4	Vereycken (C.-L.)	1857	30—11—80	31— 5—81
5	Dubuisson (J.-V.)	1857	27—12 - 80	30 — 6 —81
6	Maton (J.-E.-P.)	1852	15— 7—81	15— 7—81
7	Baelden (H.-D.)	1851	23— 2—81	20 — 7—81
8	Coppieters (O.-E.-J.-G.)	1855	28— 7—81	28— 7—81
9	Hecq (D.-A.-J.)	1860	28— 7—81	28— 7—81
10	Feys (M.-E.)	1859	25— 5 - 81	31— 8—81
11	Hyard (L.-M.-F.).	1860	31— 8—81	31— 8—81
12	Dechaineux (F.-A -H.)	1853	6— 9—81	6— 9—81
13	Moreau (J.-T -J.).	1858	15— 4—81	31—10—81
14	Demany (L -J.-L.)	1856	31—10—81	31 —10—81
15	Vercammen (L.-M.-F.)	1856	4 - 11—81	4—11—81
16	Henne (O.-F -J.)	1857	4 - 11 - 81	4 - 11—81
17	Dewez (J.)	1857	12—11—81	12—11—81
18	Carez (A.)	1860	28—11—81	28—11—81

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
			1800	1800
19	Bodart (A.-L.-M.)	1860	28—11—81	28—11—81
20	Sielbo (G.-L.)	1859	28—11—81	28—11—81
21	Coetermans (A.-C.-F.) (1)	1853	21— 6—81	10—12—81
22	Leboutte (B.-A.)	1858	6—10—81	31— 1—82
23	Séaut (P.-H.-G.)	1856	7— 4—82	7— 4—82
24	Hubain (A.-C.-J.)	1861	30—11—81	31— 5—82
25	Maquinay (H.-J.-E.)	1858	29—12—81	30— 6—82
26	Dispersyn (L.-F.-M.)	1856	15— 6—82	12— 7—82
27	Moulin (H.-J.)	1861	20—12—82	20—12—82
28	Segaert (G.-P.-M.) (1)	1859	7— 8—82	28— 2—83
	Chimiste.			
1	Roussel (E.-J.)	1851	14— 3—73	30— 4—84
	Chimiste-adjoint.			
1	Camerman (E.-T.) (1)	1854	6— 4—80	31— 8—85

Section de disponibilité.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée en service.	DATES de la dernière promotion.	DATES de la mise en diponibilité.	TAUX de la mise en disponibilité.
	Sous-chef de section de 1re classe.					
1	Delulle (C.-H.)	1849	16—12—72	30— 6—81	31—12—85	2/3 tt.

(1) Déduction faite des interruptions de service.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	SERVICE DES TÉLÉGRAPHES.			
	Directeur d'administration (au maximum).			
1	Delarge (F.-H.), O. ✠, ✠, O. S. G. . . .	1840	1800 28— 1—65	1800 30— 6—85
	Ingénieur en chef de 1re classe (au maximum).			
1	Banneux (J.-P.), ✠, O. ✠, C. F. 3e cl. . .	1846	27— 2—69	15— 2—86
	Ingénieur en chef de 2e classe (au maximum).			
1	Evrard (F.), ✠, C. F. J.	1846	28— 2—71	30— 6—85
	Ingénieur de 1re classe (au maximum).			
1	Le Duc (F.-H.)	1846	20— 5—73	31—12—85
	Ingénieurs de 1re classe (au minimum).			
1	Dumont (H.-J.-J.), ✠, St-M	1848	27—12—73	31—12—85
2	Goffart (A.-J.).	1851	20—12—75	31—12—85
	Ingénieur de 2e classe (au maximum).			
1	Gérard (E.-M.) (1) ✠	1856	18—11—78	30— 4—84
	Ingénieurs de 2e classe (au minimum).			
1	Lambotte (L.-L.), M. O. C.	1857	27— 4—81	30— 6—85
2	Boulvin (R.), St-M.	1860	19—11—81	31—12—85
	Ingénieur de 3e classe (au maximum).			
1	Delville (T.-J.)	1857	30— 1—82	31—12—84

(1) Détaché au Département de l'Intérieur et de l'Instruction publique.

Numéro d'ordre.	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS.	ANNÉE de la naissance.	DATES de l'entrée au service.	DATES de la dernière promotion.
	Ingénieurs de 3e classe (au minimum).			
			1800	1800
1	Frenay (H.-N)	1859	19—11—84	19—11—84
2	Close (J.-L.-M.-E.)	1860	13—10—85	13—10—85
	Architecte (au maximum).			
1	Gody (J.-L.-E.-E.), O. ✠, ✠	1844	9— 3—65	31—12—85
	Sous-architecte (au maximum).			
1	Vander Aa (L.-C.)	1845	19— 6—73	31—12—84
	Chef de section de 1re classe (au minimum).			
1	Badoux (F.-J.-A.) (1).	1848	31— 8—70	31—12—84
	Chefs de section de 2e classe (au minimum).			
1	Muls (A.-M.-V.)	1849	15—12—73	30— 6—85
2	Teissier (G.-E.-N)	1852	16— 9—74	30— 6—85
	Sous chefs de section de 1re classe (au minimum).			
1	Druez (F.-L.-P.)	1851	2— 2—71	30— 4—84
2	Lassance (P.-F.)	1855	15— 5—78	30— 6—8:
3	Van Houcke (A.-H.-L.) (2).	1858	12— 1—81	30— 4—84
4	Baudart (E.) (2)	1859	31—12—81	30— 4—84
	Sous-chefs de section de 2e classe (au maximum).			
1	Lhoest (C.-P.-J.)	1853	25— 1—82	30— 6—85
2	Dery (T.-J.)	1855	25— 1—82	30— 6—85

(1) Transitoirement au traitement de 3500 francs.
(2) Transitoirement au traitement de 2300 francs.

Signes employés pour les décorations.

✲	Ordre de Léopold.
✠	Croix de fer.
✵	Croix commémorative.
✢	Croix commémorative du cinquantenaire des Chemins de Fer.
D. C.	Décoration civique.
D. M.	Décoration militaire.
✺	Ordre de Guillaume (Pays-Bas).
✱	Ordre de la Légion d'honneur (France).
A. B.	Ordre de l'Aigle Blanc (Russie).
A. M.	Ordre de l'Aigle Mexicaine.
A. R.	Ordre de l'Aigle Rouge (Prusse).
A. S.	Ordre d'Albert le Valeureux de Saxe
B. Er.	Ordre de la Branche Ernestine de la Maison de Saxe
C. III.	Ordre de Charles III (Espagne).
C. C.	Ordre de la Couronne de chêne (Pays-Bas).
C. F.	Ordre de la Couronne de fer (Autriche).
CH.	Ordre du Christ (Portugal).
C. I.	Ordre de la Couronne d'Italie.
C. R.	Ordre de la Couronne royale (Prusse).
C. Rie.	Ordre de la Couronne de Roumanie.
C. S.	Ordre de la Couronne de Saxe.
C. V.	Ordre de N.-D. de la Conception de Villa-Viciosa (Portugal).
C. W.	Ordre de la Couronne (Wurtemberg).
D.	Ordre de Danebrog (Danemark).
E. P.	Ordre de l'Etoile polaire (Suède).
E. S.	Ordre de l'Epée (Suède).
F.	Ordre de Fréderic (Wurtemberg).
F. B.	Ordre du Faucon blanc (Grand-Duché de Saxe-Weimar).
F. I.	Ordre de François Ier.
F. J.	Ordre de François-Joseph (Autriche).
G.	Ordre des Guelphes.
G. M.	Ordre de la Guadeloupe (Mexique).

H. S.	Ordre de Hohenzollern-Sigmaringen.
I. C.	Ordre d'Isabelle la Catholique (Espagne).
J.	Médaille pour la guerre de Java (Pays-Bas).
L. A.	Ordre de Léopold (Autriche).
L. N.	Ordre du Lion Néerlandais (Pays-Bas).
L. S.	Ordre du Lion et du Soleil (Perse).
L. Z.	Ordre du Lion de Zachringen (Grand Duché de Bade).
M. A. A.	Croix du Mérite, en argent (Autriche-Hongrie).
M. A. V.	Croix du Mérite, en argent, de l'ordre Vendique.
M. C.	Médaille commémorative de la Guerre de 1870-1871.
M. C. C.	Médaille commémorative du cinquantenaire des Chemins de er.
M. E. M.	Médaille de l'expédition du Mexique (France).
M. M.	Ordre du Mérite militaire.
M. M. B.	Ordre du Mérite militaire (Bavière).
M. M. E.	Ordre du Mérite militaire (Espagne).
M. M. F.	Médaille militaire (France).
M. M. M.	Médaille du Mérite militaire (Mexique).
M. N. E.	Ordre du Mérite naval (Espagne),
M. O. C.	Croix du Mérite, en or, avec la Couronne (Autriche).
M. Ste-H.	Médaille de Ste-Hélène (France).
M. S-W-E.	Croix du Mérite de l'Ordre Grand-Ducal de Saxe-Weimar-Eisenach (Saxe).
M. T.	Ordre du Medjidié (Turquie).
N. J.	Ordre du Nichan-Iftihar (Tunis).
O.	Ordre de l'Osmanié (Turquie).
P.	Ordre de Pie.
P. M.	Ordre de Philippe le Magnanime.
R.	Ordre de la Rose (Brésil).
Ste-A.	Ordre de Ste-Anne (Russie).
St-B.	Ordre de St-Benoit d'Avis (Portugal).
St-F. M.	Ordre de St-Ferdinand et du Mérite.
St G.	Ordre de St-Grégoire le Grand.
St-G. R.	Ordre de St-Georges de la Réunion.
St-J.	Ordre de St-Joseph.
Sts-M. L.	Ordre des Sts-Maurice et Lazare (Italie).
St-M.	Ordre de St-Michel (Bavière).
St-O.	Ordre de St-Olaf (Suède).
St-S.	Ordre du St-Sépulcre de Jérusalem.
St-St.	Ordre de St-Stanislas (Russie).
St-V.	Ordre de St-Vladimir (Russie).
S. G.	Ordre du Sauveur (Grèce).

T.	Ordre de Takovo.
T. E.	Ordre de la Tour et l'Epée (Portugal).
W.	Ordre de Wasa (Suède).
G. C.	Grand'Croix ou Grand Cordon.
G. O.	Grand Officier.
C.	Commandeur.
O.	Officier.
P.	Plaque (Grand Officier).

TABLE

DES

MÉMOIRES, RAPPORTS ET DOCUMENTS

CONTENUS

DANS LE 43e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

TABLE

ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 43e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

